



Marina Luísa de Castro Gonçalves

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Modelo de Gestão de *Stocks* de Peças de Reposição da Brisa Inovação e Tecnologia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Machado
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Co-orientadora: Professora Doutora Ana Paula Barroso
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rogério Salema Araújo Puga Leal
Arguente: Prof. Doutor Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco
Vogais: Prof^a. Doutora Virgínia Helena Arimateia Campos Machado
Engenheiro João Pedro Veras Esteves



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2014

Modelo de Gestão de *Stocks* de Peças de Reposição da Brisa Inovação

Copyright ©

Marina Luísa de Castro Gonçalves - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

"When everything seems to be going against you, remember that the airplane takes off against the wind, not with it."

Henry Ford

Agradecimentos

A minha motivação para a escolha do tema desta dissertação prende-se com o interesse pessoal na área da Logística, onde ambiciono estar envolvida não só neste projeto mas também a nível profissional num futuro próximo. Esta etapa foi de grande persistência, aprendizagem, maturação e sentimento de realização no contexto académico e profissional pelo facto de estagiar pela primeira vez, e a nível pessoal pela grande individualidade exigida neste percurso.

Motivos pelos quais estou muito agradecida a várias pessoas e à empresa pelo estágio que me proporcionaram nas melhores condições possíveis, o que contribuiu em grande parte para que esta dissertação fosse bem-sucedida.

Quero agradecer à Professora Doutora Virgínia Campos Machado pelo modo como me orientou nas várias reuniões, onde as minhas dúvidas e anseios se desvaneciam graças às suas indicações que tornavam a minha linha de pensamento mais clara. Um obrigado também à Professora Doutora Ana Paula Barroso que sempre contribuía e complementava da melhor forma os assuntos debatidos.

Ao Eng.º João Esteves, Responsável pelo Departamento de Logística e Industrialização da Brisa Inovação e Tecnologia, um muito obrigada pelo apoio, disponibilidade e simpatia com que me recebeu. Com as sessões de esclarecimento que tive ao longo do estágio aprendi muito sobre a realidade de uma empresa. Agradeço aos restantes colaboradores da empresa que de alguma forma me apoiaram e ajudaram a obter a informação e documentação necessária para esta fase.

Por último, um muito obrigado em especial aos meus pais que proporcionaram a minha chegada até esta etapa com amor incondicional, mesmo perante as minhas longas fases de mau feitio. Ao namorado, família e amigos que, como sempre, me apoiaram nesta fase com uma dose extra de paciência, muito obrigado.

Muito obrigado a todos os que me transmitiram ideias, conhecimento, ou algum tipo de apoio.

Resumo

A crescente consciencialização das organizações para os custos devido à conjuntura económica nacional e internacional induz o repensar do modo de gestão das operações de forma a torná-las mais eficientes. Um armazém pode representar uma percentagem elevada dos custos de uma organização, nomeadamente quando os níveis de *stock* não se encontram devidamente parametrizados, implicando custos de posse elevados.

A implementação de modelos de gestão de *stocks* permite a determinação de parâmetros importantes como o ponto de encomenda, período de revisão ou quantidade económica, como a redução dos níveis de *stock* e, consequentemente, dos custos associados à sua manutenção, sem que se verifique uma redução do nível de serviço prestado aos clientes, nomeadamente, em relação à disponibilidade de artigos.

O objectivo desta dissertação é desenvolver um modelo de gestão de *stocks* adequado à gestão das peças de reposição, realizadas pela Brisa Inovação e Tecnologia e utilizadas nas operações de manutenção realizadas nos sistemas instalados nas concessões da Brisa. O modelo de revisão periódica desenvolvido baseia-se na heurística de Naddor.

Através da implementação do modelo pretende-se reduzir o número de ocorrências de rutura de *stock* e o nível de *stock* alocado a alguns artigos aumentando, assim, a eficácia e eficiência da organização.

Palavras-chave: gestão de *stocks*, peças de reposição, heurística de Naddor, eficiência, eficácia, capacidade de reparação

Abstract

The growing awareness of the costs due to the economic climate brings the need to rethink the operation methods in order to make them more efficient. A storage facility represents a large percentage of an organization costs namely maintenance costs regarding unnecessary stock provisions. This is an issue that occurs frequently when there are no proper parameterizations of the stock amounts.

The introduction of a model of inventory management, allows the determination of important parameters such as the order point, review periods, economic amount of repair, etc. The stocks management aims to improve stock levels thereby reducing maintenance and obsolete costs, without prejudicing the efficiency of the service provided particularly in relation to the availability of articles, which reveals a great challenge to a company's stock managers.

The central aim of this thesis is to create models of stocks management that adapts to the characteristics of the spare parts needed to Brisa Innovation maintenance service along the main concession, using, in particular, a periodic review model - the Naddor's heuristic. Also during this project was evident the need to study the repair capacity of the company's service center in order to maximize the number of repairs performed during a work week period.

Through the implementation of these models of inventory management is intended to reduce the number of stock shortages, as well as the level of unnecessarily allocation of stocks to some items. By achieving these objectives it is ensured an increase of effectiveness and efficiency of the service.

Keywords: stocks management, spare parts, Naddor's heuristic, efficiency, effectiveness, repair capacity

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 O PROJETO NA EMPRESA	2
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2 BRISA INOVAÇÃO E TECNOLOGIA.....	5
2.1 GRUPO BRISA	5
2.2 A EMPRESA BRISA INOVAÇÃO E TECNOLOGIA	6
2.3 DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA E INDUSTRIALIZAÇÃO.....	10
2.3.1 <i>Os Centros Operacionais e as Viaturas de Intervenção</i>	<i>10</i>
2.3.2 <i>Classificação dos Artigos.....</i>	<i>14</i>
2.3.3 <i>Reparação e Aquisição de artigos</i>	<i>15</i>
2.3.4 <i>Evolução da Procura.....</i>	<i>16</i>
2.3.5 <i>Caracterização da Procura.....</i>	<i>20</i>
2.3.6 <i>Nível de Serviço</i>	<i>20</i>
2.3.7 <i>Rutura de Stock.....</i>	<i>20</i>
3 GESTÃO DE STOCKS DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO	21
3.1 A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA NAS ORGANIZAÇÕES.....	21
3.2 LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	21
3.3 GESTÃO DE STOCKS	23
3.3.1 <i>Gestão de Stocks de Peças de Reposição.....</i>	<i>24</i>
3.3.2 <i>Tipologia e Classificação Funcional dos Stocks.....</i>	<i>25</i>
3.3.3 <i>Sistemas de Classificação de Stock.....</i>	<i>26</i>
3.3.4 <i>Classificação da Procura.....</i>	<i>27</i>
3.3.5 <i>Modelos de Gestão de Stocks.....</i>	<i>29</i>
3.3.6 <i>Capacidade Laboral do Centro de Reparações - Restrição</i>	<i>31</i>
4 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE STOCKS	33
4.1 O MODELO DE GESTÃO DE STOCKS.....	33
4.2 A CLASSIFICAÇÃO ABC COMO METODOLOGIA DE AGRUPAMENTO DE ARTIGOS	34
4.3 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA PROCURA	36
4.3.1 <i>Análise da Estatística Descritiva da Procura.....</i>	<i>36</i>
4.3.2 <i>Análise da Procura Mensal</i>	<i>38</i>
4.3.3 <i>Classificação da Procura.....</i>	<i>47</i>

4.4	POLÍTICA DE GESTÃO DE STOCKS A IMPLEMENTAR.....	50
4.4.1	<i>Revisão Contínua</i>	50
4.4.2	<i>Revisão Periódica</i>	52
4.5	CAPACIDADE DO CENTRO DE REPARAÇÕES.....	55
4.5.1	<i>Solicitações de Reparação VS Capacidade Laboral Efetiva</i>	56
4.5.2	<i>Reparação Económica de Todos os Artigos - Restrição de Lagrange</i>	57
5	CONCLUSÕES	61
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
5.2	PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO	61
	BIBLIOGRAFIA.....	65
	ANEXOS	69
	ANEXO A.....	69
	ANEXO B.....	73
	ANEXO C.....	74
	ANEXO D: MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA.....	76
	ANEXO E: MODELO DE REVISÃO PERIÓDICA	77
	ANEXO F: CAPACIDADE DO CENTRO DE REPARAÇÕES	78

Índice de Tabelas

TABELA 2.1- FORNECEDORES ALOCADOS AO ARTIGOS TIPO G1	15
TABELA 2.2- FORNECEDORES ALOCADOS AOS ARTIGOS TIPO G2 E G3	16
TABELA 4.1- CLASSIFICAÇÃO ABC DETALHADA PARA ARTIGOS G1, G2 E G3.....	34
TABELA 4.2- MODELO DE REVISÃO ATRIBUÍDO POR CLASSE DOS ARTIGOS G1, G2 E G3	35
TABELA 4.3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS ARTIGOS G1.....	36
TABELA 4.4 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS ARTIGOS G2.....	37
TABELA 4.5 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS ARTIGOS G3.....	37
TABELA 4.6 – EVOLUÇÃO DA PROCURA SEMANAL DURANTE 2012 E 2013	41
TABELA 4.7 – CLASSIFICAÇÃO DA PROCURA DE ARTIGOS G1 SELECIONADOS	49
TABELA 4.8 – DADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE <i>STOCKS</i>	51
TABELA 4.9 – VARÁVEIS RELATIVOS A G1.2.....	51
TABELA 4.10 – RESULTADOS DAS VARIÁVEIS OBTIDAS PARA O MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA	52
TABELA 4.11 – DADOS DE G1.42.....	53
TABELA 4.12 – PARÂMETROS OBTIDOS PARA A HEURÍSTICA DE NADDOR	54
TABELA 4.13- PARÂMETROS OBTIDOS NA REVISÃO CONTÍNUA	54
TABELA 4.14 – PARÂMETROS OBTIDOS NA REVISÃO PERIÓDICA: HEURÍSTICA DE NADDOR.....	55
TABELA 4.15 – TEMPO MÉDIO DE REPARAÇÃO POR ARTIGO DE REPARAÇÃO INTERNA	56
TABELA 4.16 – CAPACIDADE LABORAL EFETIVA VS REPARAÇÕES SOLICITADAS.....	57
TABELA 4.17 – QUANTIDADE ECONÓMICA DE REPARAÇÃO SEGUNDO RESTRIÇÃO SEMANAL	59

Índice de Figuras

FIGURA 2.1- SUBGRUPOS EMPRESARIAIS DA BRISA	5
FIGURA 2.2- HIERARQUIA DOS DEPARTAMENTOS E CADEIA DE VALOR DA BIT	7
FIGURA 2.3- SISTEMAS DE COBRANÇA DE PORTAGENS.....	8
FIGURA 2.4- TELEMÁTICA RODOVIÁRIA.....	9
FIGURA 2.5- VIA VERDE ACCESS.....	9
FIGURA 2.6- PLANTA DA PLATAFORMA LOGÍSTICA DE PALMELA	10
FIGURA 2.7 – FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS NA PLATAFORMA LOGÍSTICA DE PALMELA APÓS ENTRADA DE ARTIGO COM ANOMALIA	13
FIGURA 2.8 – FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS DAS VIATURAS DE INTERVENÇÃO	12
FIGURA 2.9- DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS E EXTERNOS À PLP	14
FIGURA 2.10- CLASSIFICAÇÃO ATUAL DOS ARTIGOS.....	14
FIGURA 2.11- CONSUMO MENSAL DE G1 EM 2012 E 2013	17
FIGURA 2.12- EVOLUÇÃO DO CONSUMO MENSAL DOS ARTIGOS G1 DE REPARAÇÃO INTERNA E EXTERNA	18
FIGURA 2.13- CONSUMO DE ARTIGOS DE REPARAÇÃO INTERNA VS CONSUMO DE ARTIGOS DE REPARAÇÃO EXTERNA	18
FIGURA 2.14- EVOLUÇÃO CONSUMO MENSAL DE ARTIGOS G2 EM 2012 E 2013	19
FIGURA 2.15- CONSUMO MENSAL DE ARTIGOS G3 EM 2012 E 2013.....	19
FIGURA 3.1- TRINÓMIO DAS DIMENSÕES LOGÍSTICAS	22
FIGURA 3.2- <i>TRADE-OFF</i> DA GESTÃO DE STOCKS.....	23
FIGURA 3.3- CLASSIFICAÇÃO DA PROCURA PELA VARIABILIDADE DA PROCURA EM FUNÇÃO DO INTERVALO ENTRE CONSUMOS	28
FIGURA 3.4 PROCURA <i>SLOW MOVING, ERRATIC, LUMPY E INTERMITTENT</i>	28
FIGURA 4.1- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ARTIGOS G1, G2 E G3: CONSUMO TOTAL EM FUNÇÃO DO N.º TOTAL DE SKU's (%)	35
FIGURA 4.2 – PROCURA MENSAL DE G1.1 EM 2012 E 2013.....	38
FIGURA 4.3 - PROCURA MENSAL DE G1.2 EM 2012 E 2013.....	39
FIGURA 4.4 – PLUVIOSIDADE E PROCURA MENSAL DE G1.2 ENTRE AGOSTO DE 2012 E JULHO DE 2013	39
FIGURA 4.5 - PROCURA MENSAL DE G1.19 EM 2012 E 2013	40
FIGURA 4.6 - PROCURA MENSAL DE G1.42 EM 2012 E 2013	40
FIGURA 4.7- <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE G1.1	42
FIGURA 4.8 - <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DE G1.1.....	43
FIGURA 4.9 - <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE G1.2.....	44
FIGURA 4.10 - <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL DE G1.19.....	44
FIGURA 4.11 - <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO CHI-QUADRADO DE G1.42.....	45
FIGURA 4.12- <i>DISTRIBUTION FITTING</i> PARA DISTRIBUIÇÃO CHI-QUADRADO DE G1.58.....	46

FIGURA 4.13 - DISTRIBUTION FITTING PARA DISTRIBUIÇÃO CHI-QUADRADO DE G1.67.....	46
FIGURA 4.14 - VARIABILIDADE DA PROCURA EM FUNÇÃO DO INTERVALO MÉDIO ENTRE CONSUMOS DOS ARTIGOS G1	47
FIGURA 4.15- VARIABILIDADE DA PROCURA EM FUNÇÃO DO INTERVALO MÉDIO ENTRE CONSUMOS DOS ARTIGOS G1 (APROXIMAÇÃO AOS VALORES DE <i>CUT-OFF</i>).....	48

Lista de Abreviaturas

ALPR: *Autentification License Plate Recognition*

ADI: *Average Inter-Demand Interval* (Intervalo Médio de Tempo entre Procura)

BIT: Brisa Inovação e Tecnologia

CSCMP: *Council of Supply Chain Management Professionals*

CV²: Variabilidade da Procura através do Coeficiente de Variação Quadrático

G1: Grupo de artigos reparáveis

G2: Grupo de artigos não reparáveis

G3: Grupo de artigos não reparáveis que não estão presentes no stock móvel

MLFF: *Multi Lane Free Flow*

PLP: Plataforma Logística de Palmela

PMV: Painel de Mensagens Variáveis

RI: Reparação Interna

RE: Reparação Externa

SIT: Sistemas Inteligentes de Transporte

SKU: *Stock Keeping Unit*

X05: Armazém de artigos em análise

1.Introdução

No presente capítulo pretende-se expor o enquadramento da dissertação, os objetivos a alcançar, assim como a aplicação do projeto na empresa. Por fim, é apresentada a estrutura geral da dissertação para que melhor se entenda o seu conteúdo.

1.1 Enquadramento

Numa economia global tornou-se crucial para as empresas elevar os seus objetivos de forma a acompanharem a evolução da concorrência, não unicamente aquela que se encontra dentro do território nacional, mas também fora de fronteiras. A adaptação das empresas à globalização veio proporcionar uma maior competitividade entre empresas tornando-se crescente a necessidade de um planeamento eficaz e eficiente.

Surge aqui a necessidade de implementar um conceito de Gestão Logística que, de acordo com o *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2012), “é responsável por planear, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo de forma a ir ao encontro dos requisitos/necessidades dos clientes”. Assim, a Gestão Logística permite às organizações que as operações desde a armazenagem até à prestação de serviço permitam fornecer no momento certo, a quantidade certa ao local ou cliente certo. Como tal, o grupo Brisa tem vindo a destacar a importância da Gestão Logística nas suas empresas.

O grupo Brisa S.A. tornou-se na última década uma das grandes referências no sector de investimento e gestão de infraestruturas de transporte nos mercados doméstico e internacional (COTEC Portugal, 2010). Uma das empresas do grupo Brisa, a Brisa Inovação e Tecnologia (BIT) é responsável por várias fases desde o desenvolvimento à manutenção dos sistemas inteligentes de transporte (SIT) instalados ao longo dos vários quilómetros de concessão Brisa.

A BIT é responsável pela Plataforma Logística de Palmela (PLP) onde existem vários centros operacionais, entre os quais se encontra localizado o centro de armazenagem responsável pelas operações de entrada e saída de artigos na instalação de armazenamento. A instalação de armazenamento é constituída por diferentes armazéns com diferentes características, sendo o armazém X05 onde se imobilizam os componentes e equipamentos que já acrescentaram valor à BIT e têm como função dar assistência às operações de manutenção indispensáveis ao desempenho dos vários SIT instalados. Estas operações de manutenção são realizadas pelos técnicos responsáveis pelas viaturas de intervenção alocadas a várias zonas do país, que recorrendo ao *stock* existente na viatura procedem à manutenção dos SIT. Contudo, o reabastecimento e a reparação de artigos são realizados pela PLP.

Todos estes artigos armazenados em X05 têm como principal característica distintiva o facto de serem reparáveis pertencendo ao conjunto de artigos G1, ou pelo contrário, não reparáveis pertencendo assim ao conjunto de artigos G2 ou G3.

Pela função de assistência às operações de manutenção, a rutura de *stock* dos artigos armazenados em X05 tem consequências potencialmente críticas dependendo do tipo de sistema que carece de reparação. Os SIT garantem o pagamento, prevenção, segurança e acesso de forma eficaz aos seus utilizadores, por isso, deve garantir-se a sua disponibilidade o que, por vezes, se faz com recurso a níveis de *stocks* mais elevados implicando custos de manutenção de *stock* elevados. A rutura de *stock* é particularmente crítica quando impossibilita a reparação de um sistema de prevenção colocando assim em causa a segurança dos seus utilizadores. De referir que, estes artigos que prestam assistência à manutenção, estão adquiridos pela empresa quando armazenados, logo a sua rutura apenas envolve o custo associado aos níveis de prestação de serviço e qualidade.

Através da implementação de um modelo de gestão de *stocks* adequado é possível atingir o nível de serviço pretendido pela BIT de 95% diminuindo assim a rutura de *stock*, melhorando os níveis de *stock* existentes na PLP e reduzindo os custos alocados à manutenção de *stock* desnecessário. Com a atual realidade económica e financeira, a gestão eficiente de cada uma das empresas do grupo ganha maior importância, o que é impreterível para a BIT.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objectivo principal a melhoria do desempenho de um armazém, o X05, que tem imobilizado os artigos necessários ao serviço de manutenção prestado pela Brisa. A melhoria do desempenho de X05 será desenvolvida por meio da gestão de *stocks* tem como meta o nível de serviço pretendido pela BIT de 95%, resolvendo o problema das frequentes ruturas de *stock*.

Os níveis de *stock* existentes no armazém serão controlados segundo uma política de gestão de *stocks* adequada às suas características. Através da implementação de um modelo de revisão contínua ou periódica, atribuída de acordo com a importância relativa que determinados conjuntos de artigos têm para a BIT, possibilita-se a redução do número de ocorrências de ruturas de *stock*. Para isso, é fulcral a determinação de variáveis como a procura, prazos de entrega praticados pelos fornecedores, tempos de reparação praticados pelo centro de reparações e capacidade de reparação do laboratório dos artigos em questão.

Para atingir o objectivo proposto recorrer-se-á ao sistema SAP para recolha de dados indispensáveis à modelação, ao *software* Statistica para identificar o ajustamento da procura a uma distribuição estatística e ao *Visual Basic* do Excel para obter alguma informação dos dados.

1.3 O Projeto na Empresa

Para garantir as fases que vão desde a produção à manutenção de todos os componentes e equipamentos constituintes dos SIT existe a PLP. É, por isso, fulcral que a PLP funcione com uma gestão de *stocks* eficaz e eficiente para que os artigos armazenados em X05, necessários ao serviço de manutenção prestado ao longo da concessão rodoviária sejam fornecidos atempadamente.

Esta problemática da implementação de uma política de gestão de *stocks* do armazém será o ponto de partida para o projeto desenvolvido na empresa. Para esta implementação foi necessária a classificação da procura dos artigos para que assim, de acordo com a classificação obtida, fosse possível encontrar os modelos de gestão de *stocks* adequados a cada uma das classificações possíveis destes artigos.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos de forma a estruturar as várias etapas necessárias ao objectivo.

No capítulo 1, Introdução, são apresentadas as motivações e objectivos gerais do projeto.

No capítulo 2, Brisa Inovação e Tecnologia, procede-se à caracterização da organização que possibilitou a recolha de dados para este estudo, tendo também lugar neste capítulo a análise dos dados mais relevantes.

O capítulo 3, Gestão de *Stocks* de Peças de Reposição, destina-se à síntese ordenada da pesquisa bibliográfica realizada sobre o tema da gestão de *stocks*. Começando pelo entendimento da importância da logística nas organizações, de seguida apresentam-se vários conceitos relacionados com o tema central como a tipologia do *stock*, a caracterização da procura e os modelos de gestão de *stocks*.

No capítulo 4, Implementação do Modelo de Gestão de *Stocks*, serão desenvolvidos e analisados quatro temas fundamentais: a classificação ABC, a análise e classificação da procura, a política de gestão e a capacidade de reparação do laboratório.

Por último, no capítulo 5 reunir-se-ão várias considerações finais e propostas de trabalho futuro.

2 Brisa Inovação e Tecnologia

O caso de estudo abordado nesta dissertação baseia-se em dados da Plataforma Logística de Palmela, onde estão centralizadas as operações do Departamento de Logística e Industrialização da Brisa Inovação e Tecnologia, empresa pertencente ao grupo Brisa.

2.1 Grupo Brisa

O grupo Brisa S.A. está estruturado em três áreas de negócio: Serviços de Operação e Manutenção, as Concessões Rodoviárias e Outros serviços e infraestruturas. Na Figura 2.1 pode observar-se a estruturação empresarial do grupo.

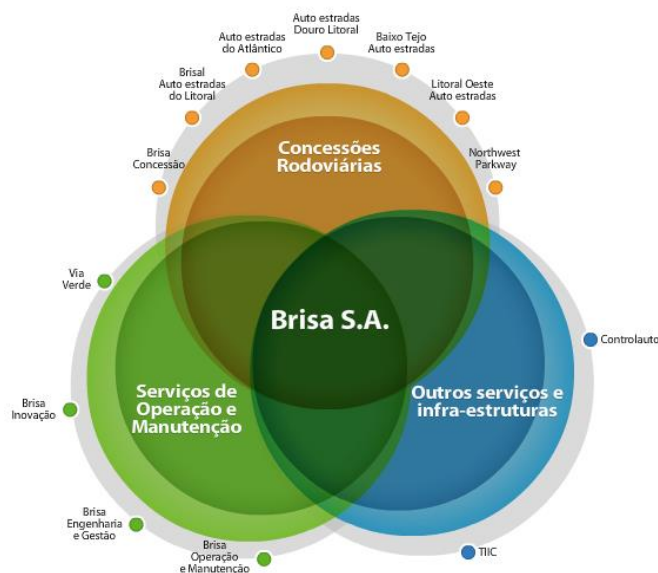


Figura 2.1- Subgrupos Empresariais da Brisa

Fonte: Brisa S.A., 2013

Nos Serviços de Operação e Manutenção podem encontrar-se empresas como a Via Verde, a Brisa Inovação (BIT), a Brisa Engenharia e Gestão e, por fim, a Brisa Operação e Manutenção.

A área de negócio das Concessões Rodoviárias é responsável pela gestão de seis concessões rodoviárias no território nacional, que totalizam cerca de 1700 quilómetros de via rodoviária e onde estão instalados equipamentos de telemática rodoviária e sistemas de cobrança de portagens (Brisa S.A., 2013). Na sequência de um processo de avaliação e reconhecimento do mercado internacional foi conseguida a concessão Northwest Parkway localizada nos Estados Unidos da América, assim como detém

parte de empresas na Holanda e Índia onde se pretende criar projetos de mobilidade inovadora e serviços de operação e manutenção (Brisa S.A., 2013).

A Controlauto e a *Transport Infrastructure Investment Company* (TIIC) são empresas do grupo que pertencem a Outros serviços e infraestruturas.

Entre os sistemas inteligentes de transporte (SIT), mais conhecidos, desenvolvidos pelo grupo Brisa está o sistema inteligente de pagamento electrónico Via Verde, responsável por mais de 60% das transações realizadas em portagens e com um número de clientes em Portugal superior a 3 milhões, geridos pela empresa Via Verde (Brisa S.A., 2013). Relacionado com este sistema, surgiu a necessidade de complementar o serviço com equipamentos que visassem a melhoria do nível de serviço prestado aos automobilistas como é o caso do sistema de reconhecimento de matrículas que possibilita a identificação de veículos que não possuem identificador Via Verde e que transitem pela via a estes destinados. Seguiu-se a oportunidade de simplificar o pagamento em diversos locais através do pagamento electrónico com identificador como em parques de estacionamento, postos de abastecimento de combustível e até mesmo nos *drive-thru* de uma conhecida cadeia de *fast food*. Mais recentemente surgiu a possibilidade de controlar o acesso a zonas de moradores em bairros históricos através do identificador Via Verde.

Igualmente relevante é a implementação do Etoll, um sistema de pagamento automático via manual aplicado em portagens que veio aumentar o nível de prestação de serviço em portagens que de outra forma estariam encerradas, assim como evita a permanência de um portageiro em zonas de pouco tráfego (Canas, Santos, & Gomes, 2010).

Por todos os factos referidos anteriormente o grupo Brisa tornou-se na última década uma empresa de referência no sector de investimento e gestão de infraestruturas de transporte no mercado nacional e internacional (COTEC Portugal, 2010).

2.2 A Empresa Brisa Inovação e Tecnologia

A BIT é uma empresa fundada em Dezembro de 2009, cujas operações eram já existentes mas de forma pouco coesa e eficiente, sobretudo nas áreas da manutenção e logística. A manutenção era gerida por centros operacionais distribuídos ao longo do país onde funcionavam oficinas e armazéns. Os registos de consumos e *stocks* eram realizados manualmente, assim como a emissão de guias de transporte (Santos, 2013).

Em suma, existia uma grande necessidade de reorganização das operações de manutenção e logística. Devido à descentralização dos centros operacionais e ausência de métodos de reparação os tempos de reparação eram muito variáveis, sendo por isso necessário compensar com níveis de *stock* elevados. O fraco controlo do processo logístico e ausência de sistema informático conduzia a uma deficiente gestão de *stocks* com um controlo de custos ineficiente e nível de serviço baixo.

No processo de reestruturação traçaram-se objetivos nas áreas cruciais de forma a aumentar o nível de serviço, eliminar os tempos mortos e especializar a manutenção

para otimizar o processo de manutenção, centralizar armazens e oficinas e controlar *stocks* com sistema informático, de forma a reorganizar o processo logístico (Santos, 2013).

Resultante da fusão da Brisa Access Electrónica Rodoviária (BAER) com a Direcção de Inovação e Tecnologia (DIT), surge a BIT com o propósito de se responsabilizar pelas fases de investigação, concepção, instalação e manutenção dos equipamentos e sistemas de suporte ao funcionamento da rede de auto-estradas, incluindo os SIT que englobam as tecnologias de informação e comunicação aplicada à engenharia de transporte e operações, com o intuito de otimizar o fluxo quer de informação quer de materiais (Gomes & Canas, 2011).

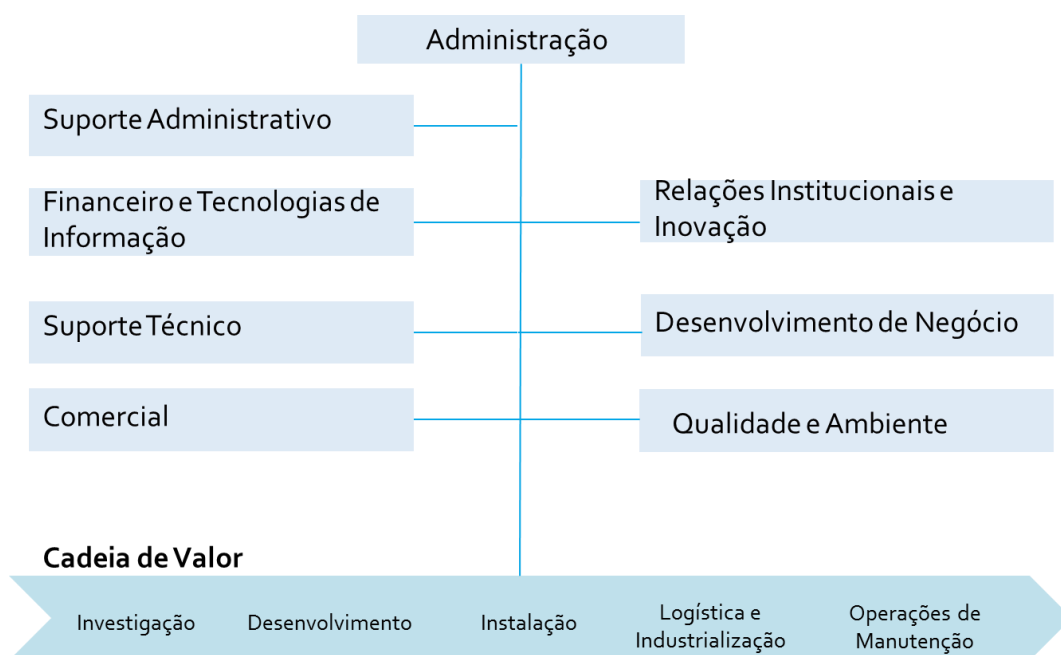


Figura 2.2- Hierarquia dos Departamentos e Cadeia de Valor da BIT

Fonte: Brisa S.A., 2013

As fases de investigação, concepção, instalação e manutenção à responsabilidade da BIT estão incluídas na cadeia de valor apresentada na Figura 2.2, que apresenta também a hierarquia dos departamentos da BIT. Mais informações sobre a cadeia de valor e o sistema de inovação implementado na BIT podem ser consultadas no Anexo A. No final da cadeia de valor da BIT está a Logística e Industrialização seguida de Operações de Manutenção, dois importantes elementos da cadeia responsáveis por assegurar a prestação de serviços dos SIT.

Para assegurar a instalação, suporte e manutenção dos SIT existe o Departamento de Logística e Industrialização com as suas funções localizadas na Plataforma Logística de Palmela (PLP) que funciona como centro de operações logísticas e será descrito com maior detalhe no subcapítulo 2.3.

De forma a garantir as Operações de Manutenção dos SIT existem contentores de armazenamento e diferentes viaturas de intervenção alocadas a diferentes zonas do país de forma a prestar o serviço de manutenção eficazmente. Existem cerca de 10 contentores e 40 viaturas de intervenção que se distinguem pelo serviço de manutenção prestado:

- Viaturas preventivas: realizam a manutenção preventiva dos SIT
- Viaturas curativas: realizam a manutenção curativa dos SIT (após anomalia)

Cada viatura tem um *stock* móvel parametrizado de acordo com as suas características associadas à manutenção e às necessidades da zona onde estão alocadas. Este *stock* móvel presente nas viaturas contém componentes e equipamentos constituintes dos SIT instalados que mais vezes necessitam de reparação.

Os SIT instalados nas concessões Brisa são constituídos por sistemas, equipamentos e componentes que se distinguem em três grandes grupos de acordo com a sua finalidade:

- i. Sistemas de Cobrança de Portagens
- ii. Telemática Rodoviária
- iii. Via Verde Access.

Os Sistemas de Cobrança de Portagens representam os sistemas inteligentes de pagamento que estão introduzidos nas várias praças de portagem ao longo da concessão. Na Figura 2.3 apresenta-se o exemplo de três sistemas responsáveis por parte da cobrança introduzidos nas praças de portagem: *Multi Lane Free Flow*, *Automated Tool Booth* e *Automatic License Plate Recognition*.



Figura 2.3- Sistemas de Cobrança de Portagens

A Telemática Rodoviária é o grupo de todos os equipamentos instalados ao longo da via que garantem uma maior segurança ao condutor através de equipamentos que asseguram a prevenção e que em caso de acidente possibilitam a assistência dos mesmos. Na Figura 2.4 podem observar-se alguns exemplos, como o posto SOS, os Painéis de Mensagem Variável (PMV), o ATLAS, as estações meteorológicas e as câmaras CCTV.



Figura 2.4- Telemática Rodoviária

Por fim, a Via Verde Access agrupa todos os sistemas que possibilitam não só o pagamento electrónico habitual com os identificadores Via Verde, bem como o acesso a determinados locais com o mesmo. Os vários serviços Via Verde Access existentes até ao momento encontram-se apresentados na Figura 2.5.



Figura 2.5- Via Verde Access

Na Figura 2.5 podemos observar o serviço Via Verde Access instalado em parques de estacionamento, no *McDrive*, nos postos de abastecimento e, por fim, nos bairros históricos que têm implementado um sistema de controlo de acesso para que seja possível ao moradores acederem ao estacionamento da sua zona de residência através dos identificadores Via Verde.

Mais informações sobre alguns dos sistemas existentes apresentados podem ser encontradas no anexo A.

2.3 Departamento de Logística e Industrialização

O departamento de Logística e Industrialização tem como sede operacional a PLP onde se realizam as várias atividades que asseguram as fases de instalação, suporte e manutenção dos SIT. Neste departamento procede-se à montagem, reparação, armazenamento dos artigos constituintes dos SIT. Para além destas operações realizadas na PLP, também se procede ao planeamento e requisição de compras.

2.3.1 Os Centros Operacionais e as Viaturas de Intervenção

2.3.1.1 Centros Operacionais

As atividades no interior da PLP estão organizadas de modo a serem realizadas nos centros de armazenagem, montagem, reparação e compras. Estes centros estão representados na Figura 2.6 através da planta da PLP.

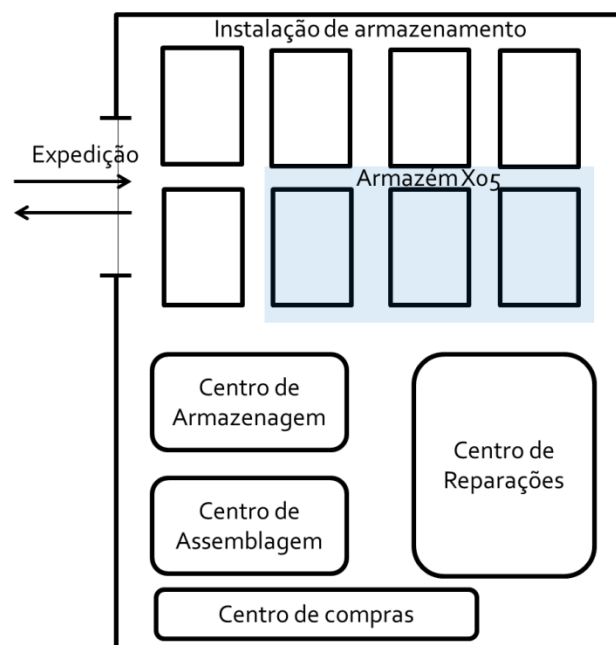


Figura 2.6- Planta da Plataforma Logística de Palmela (PLP)

- Centro de armazenagem

O centro de armazenagem é responsável pela entrada e saída dos artigos constituintes dos SIT e devido armazenamento. Estas operações são realizadas com recurso a um *software* de gestão de artigos, o GLOOSE. O centro de armazenagem e a respectiva instalação de armazenamento ocupam mais de 50% da área total da PLP, e nela trabalham 5 colaboradores. Na instalação de armazenamento existe o armazém X05 (representado a azul na Figura 2.6) que será analisado e referido ao longo da dissertação.

No armazém X05 estão imobilizados os artigos constituintes dos SIT instalados nas concessões Brisa e nos pontos com Via Verde Access. Estes artigos já acrescentaram valor à empresa e serão devidamente classificados na secção 2.3.2.

- Centro de montagem

No centro de montagem são reunidas as matérias-primas (componentes) necessárias para dar origem ao produto final, que poderá ser um equipamento constituinte de um SIT, ou mesmo um SIT na sua totalidade. A este centro estão alocados 3 colaboradores.

- Centro de reparações

O centro de reparações é onde dão entrada os equipamentos com anomalias para serem reparados. Assim que o centro de armazenagem desloca um equipamento da recepção para o centro de reparações este fica em espera até que haja disponibilidade para reparação por algum dos colaboradores do centro. Quando o centro após a conclusão de uma reparação fica disponível, o colaborador abre uma nova ordem de trabalho no GLOOSE onde regista quem realiza a reparação, o tempo de inicial e procede então à reparação, assim que a conclui é registado o tempo final de reparação, os componentes que substituiu e os respectivos valores monetários. Terminada a operação de recuperação do equipamento este entra no armazém X05 onde aguardará a sua chamada pelo centro de armazenagem para a expedição. Este centro conta com 5 colaboradores. Os procedimentos realizados no interior da PLP que antecedem e sucedem as atividades no centro de reparações serão detalhados na Figura 2.8.

- Centro de compras

Para que sejam realizadas as encomendas e a análise de fornecedores, quer de fornecimento de equipamentos novos quer de reparação de equipamentos existe o centro de compras. Neste centro existem 3 colaboradores, mas para que seja efectuada uma encomenda há que realizar a análise de encomenda, a requisição de encomenda que tem de ser aceite pelos 2 responsáveis por este departamento e, por último, o lançamento da encomenda. Assim, o lançamento de uma encomenda envolve o tempo de, no mínimo, 4 colaboradores (2 responsáveis, 1 colaborador que analisa a encomenda e 1 colaborador que requisita e lança a mesma). O *software* de gestão utilizado para controlo de encomendas e fornecedores é o SAP.

2.3.1.2 Viaturas de Intervenção

As Operações de Manutenção referidas no subcapítulo 2.3 são executadas pelos técnicos responsáveis das viaturas de intervenção que se encontram afetas a diversas zonas do país. Estes técnicos prestam a manutenção de 1ª linha aos SIT e as suas viaturas funcionam como um armazém móvel dos artigos que com maior frequência necessitam de reparação ou mesmo substituição, para que assim, os técnicos possam proceder de forma eficaz e eficiente à resolução das anomalias.

O procedimento realizado pelo técnico da viatura de intervenção está demonstrado na Figura 2.7. Este fluxograma apresenta o procedimento desde que é dado o alerta de anomalia, ou o técnico detecte a anomalia até que esta anomalia tenha resolução.

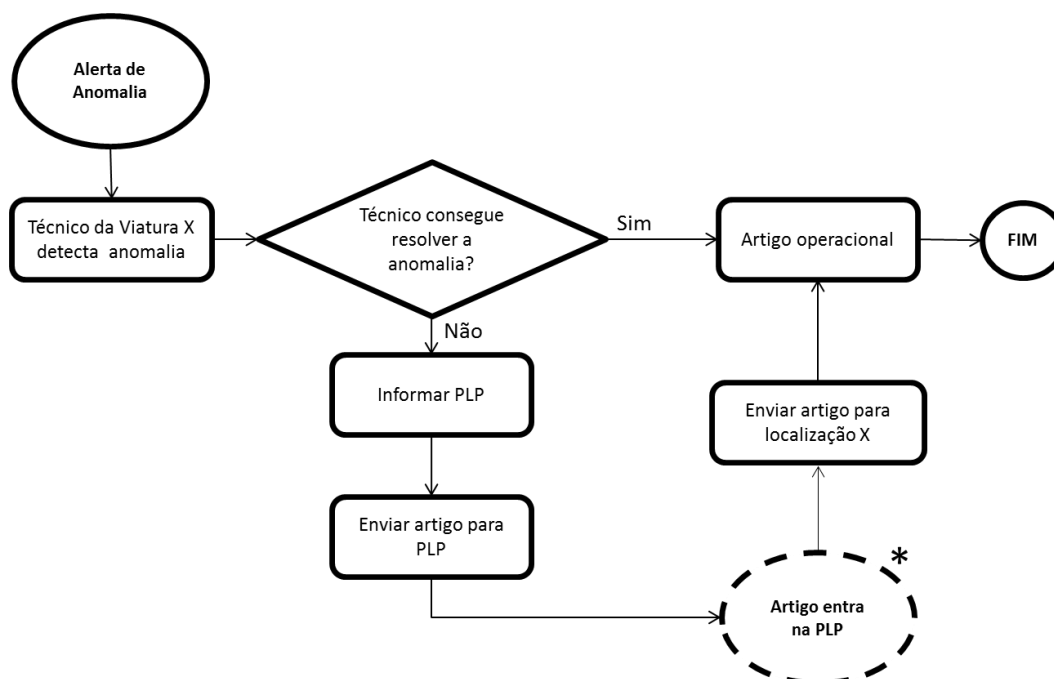


Figura 2.7 - Fluxograma de Procedimentos das Viaturas de Intervenção

Na Figura 2.7 pode observar-se na primeira decisão do diagrama “Técnico consegue resolver a anomalia?” que o técnico da viatura de intervenção tenta proceder ao solucionamento da anomalia recorrendo ao *stock* móvel ou contentor de armazenamento mais próximo, caso não seja possível, informará a PLP para onde envia o artigo com anomalia. A PLP que, por sua vez, procederá ao envio deste artigo assim que é informada, este processo de envio será mais demorado no caso de o artigo não existir em *stock* no armazém X05. Esta eficácia de resposta da PLP é determinante para uma boa prestação de serviço e para que isso aconteça é importante que os níveis de *stock* do armazém X05 sejam adequados às necessidades de manutenção dos SIT instalados.

Para que melhor se entendam os procedimentos dentro da PLP, entre a mesma e as Operações de Manutenção apresenta-se a Figura 2.8.

Os procedimentos mais relevantes para esta dissertação envolvem a expedição, o centro de reparações, e o centro de armazenagem no interior da PLP e as Operações de Manutenção realizadas pelas viaturas de intervenção. As operações ocorridas desde a entrada na PLP de artigos nos quais foram detectadas anomalias até que seja possível repor esse artigo no local onde foi realizada a intervenção de 1ª linha pelo técnico da viatura está descrita no fluxograma da Figura 2.8.

Na Figura 2.8 pode observar-se que um artigo com anomalia entra na PLP. Isto acontece quando o técnico da viatura de intervenção não está em condições de

proceder à sua reparação no local, ou se a intervenção realizada for de substituição do artigo recorrendo ao *stock* móvel, dependendo da situação o artigo sai da PLP para ser instalado ou para reposição de *stock* móvel, respectivamente.

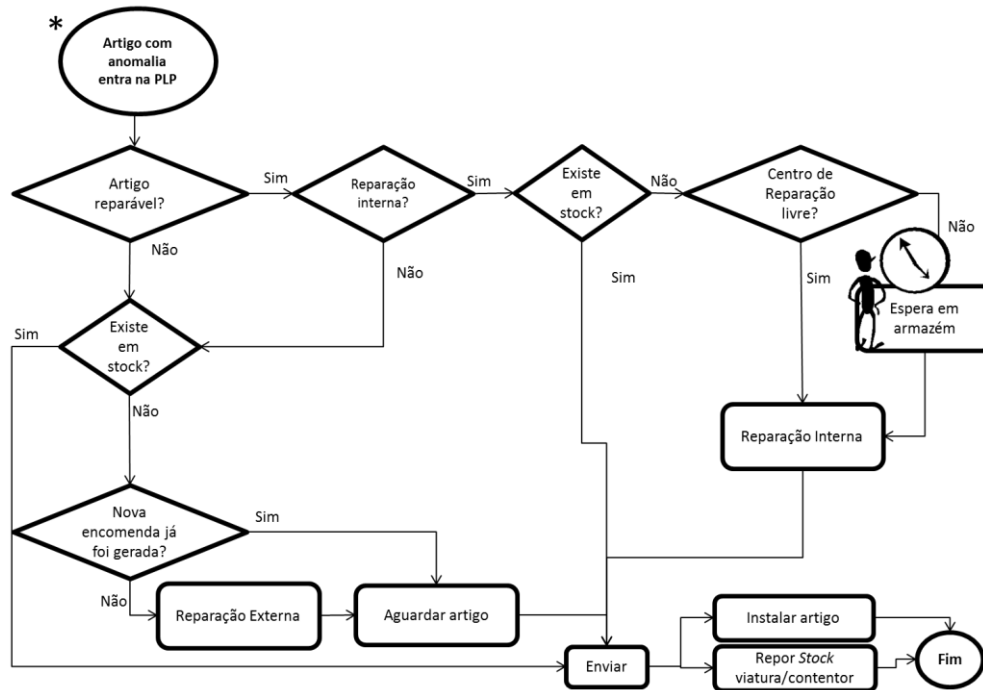


Figura 2.8 – Fluxograma de Procedimentos na Plataforma Logística de Palmela após Entrada de Artigo com Anomalia

Na Figura 2.9 é apresentada a relação entre a PLP e os fornecedores e operações de manutenção. Nesta figura apresentam-se os vários centros operacionais existentes na PLP (a azul), e os fluxos exteriores à PLP que envolvem fornecedores, Operações de Manutenção (a cinzento) e logística inversa.

Nas operações de manutenção ocorre a seguinte sequência de procedimentos que se inicia com um alerta de anomalia em determinado SIT (1) gerando um pedido de intervenção à central Brisa (2), que aciona a intervenção da viatura curativa mais próxima procedendo à resolução da anomalia (3) através de uma reparação ou substituição por artigo existente no seu *stock* móvel ou contentor de armazenamento. Caso este procedimento de manutenção não seja possível o artigo onde se deteta a anomalia é enviado para a PLP (4), que por sua vez procede ao envio do artigo de substituição (5) ou, em situação limite, o próprio artigo reparado. Este transporte é realizado por um transporte contratado ou por uma viatura de intervenção da forma mais eficaz possível. Este procedimento é o mesmo para as viaturas preventivas, mas sem que ocorra um alerta de anomalia, uma vez que estas viaturas prestam um serviço de manutenção de prevenção.

Entre os fluxos de informação e materiais dentro da PLP, região a azul da Figura 2.9, é relevante a disponibilidade de artigos em armazém para que o centro de armazenagem os envie para expedição. Assim, a correlação eficaz entre o

planeamento de compras, montagem ou reparação, e armazenagem assegura que as operações de manutenção se processem corretamente e sem atrasos.

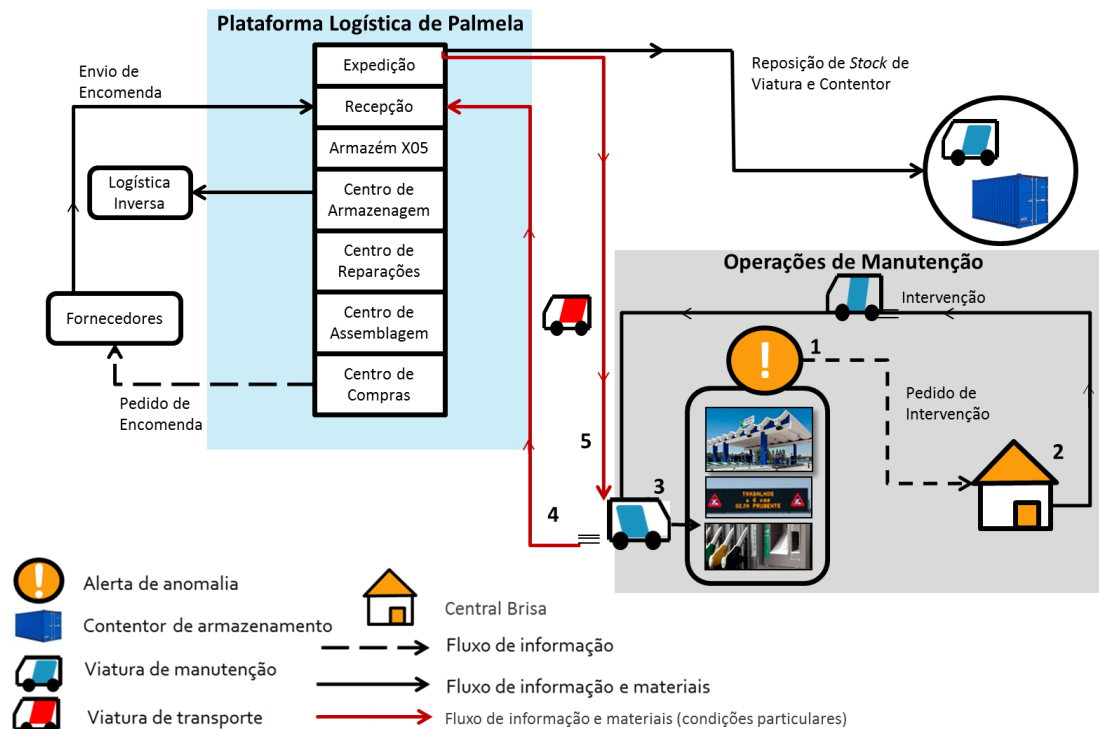


Figura 2.9- Diagrama de Fluxos Internos e Externos à PLP

Em relação à logística inversa é aplicada pelo centro de armazenagem a artigos não reparáveis ou reparáveis em fim de vida.

2.3.2 Classificação dos Artigos

Os artigos imobilizados no armazém X05 são componentes ou equipamentos integrantes dos SIT instalados nas concessões Brisa e nos pontos com Via Verde Access, e já acrescentaram valor à empresa. No total existem 1200 códigos de artigos alocados ao armazém X05. Estes artigos estão classificados na Figura 2.10, de acordo com a possibilidade de serem reparáveis ou não reparáveis.

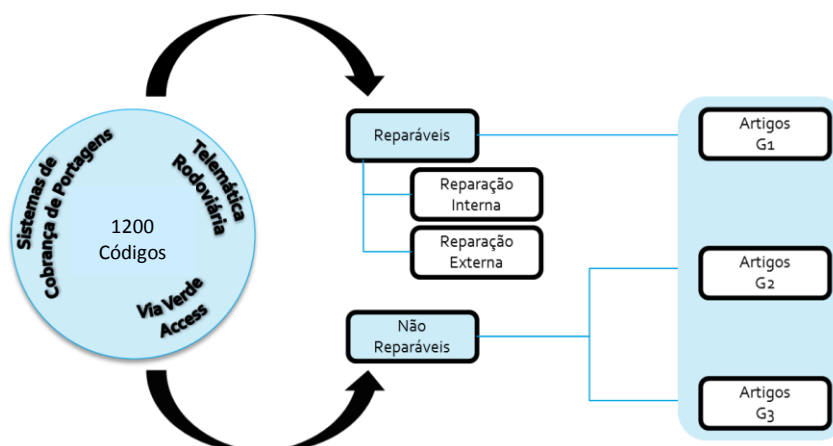


Figura 2.10- Classificação Atual dos Artigos

Na Figura 2.10 apresentam-se os diferentes tipos de artigos agrupados em três categorias. Os artigos G1 são os capacitados para usufruir de reparação, logo Reparáveis. Aqueles que se encontram dentro em G2 ou G3 são artigos sem reparação, Não Reparáveis. De notar que a única distinção entre G2 e G3 prende-se com o facto dos pertencentes ao último grupo serem artigos que não estão presentes no *stock* móvel das viaturas de intervenção.

Para um artigo cujo fim do ciclo de vida, devido a anomalia ou dano, é apenas um ponto de retorno para o início de um novo ciclo, a classificação do artigo é de Reparável. No caso de um artigo em que qualquer tipo de anomalia ou dano incapacite a recuperação do mesmo, ou esta recuperação não é justificável em termos económicos, este artigo classifica-se como Não Reparável. Contudo, ainda não existe um método de *tracking* aos vários artigos de forma a reconhecer quantos ciclos de vida já foram executados por determinado equipamento. O *tracking*, ou seguimento do histórico de vida de um equipamento com determinado número de série seria particularmente vantajoso para entender a partir de que ciclo o equipamento em questão atingiria o fim de vida por já não ser rentável a sua recuperação.

2.3.3 Reparação e Aquisição de artigos

A BIT utiliza, para se proceder à reparação e aquisição de artigos, uma lista extensa de contactos de fornecedores nacionais e internacionais de forma a auxiliar na decisão do melhor fornecedor para determinado serviço de reparação ou aquisição de um artigo. Em 2013, a BIT definiu como objetivo a redução do número de fornecedores com a intenção de eliminar da lista os fornecedores com avaliações medíocres ou prestações menos competitivas, assim como aumentar o número de contratos celebrados com determinados fornecedores para garantir melhores preços na aquisição e reparação de artigos.

No caso do serviço de reparação requerido para os artigos de tipo reparável (G1), tem de ser distinguido o fornecimento do artigo, do fornecimento do serviço de reparação, essencial a partir do fim do primeiro ciclo de vida do artigo. Na Tabela 2.1 pode observar-se o número de fornecedores identificados por tipo de fornecimento para os artigos G1.

Tabela 2.1- Fornecedores Alocados ao Artigos Tipo G1

Tipo de Reparação	Nº de SKU's	Nº de Fornecedores	
		Reparação	Aquisição
Interna	121	1	29
Externa	154	12	
Total	275	42	

Na contingência do fornecimento do serviço de reparação, os artigos reparados internamente que totalizam 121 *Stock Keeping Unit* (SKU), já foi previamente referido

que a reparação é realizada pela BIT, por isso consta apenas 1 fornecedor nesse campo. Para o caso dos restantes 154 SKU's é requerido o serviço de reparação externa a 12 fornecedores que para além de procederem às reparações de 56% (154 SKU's) dos artigos G1 também são fornecedores para aquisição de G1, G2 e G3. Da mesma forma que entre os fornecedores para aquisição de artigos (29 fornecedores) também estão fornecedores que prestam serviço de reparação.

Na Tabela 2.2 estão representados os valores relativos ao número de fornecedores de aquisição por tipo de artigo não reparáveis (G2 e G3).

Tabela 2.2- Fornecedores Alocados aos Artigos Tipo G2 e G3

Artigos	Nº de SKU's	Nº de Fornecedores	
		Aquisição	
		Exclusivos	Total
G2	137	1	83
G3	693	41	
Total	830	83	

Relativamente aos artigos G2 existe apenas um fornecedor exclusivo, isto quer dizer que este fornecedor é necessário unicamente para o fornecimento de um ou vários artigos especificamente de G2. Já no caso dos artigos G3 são assegurados por 41 fornecedores de aquisição exclusivos devendo-se este elevado valor ao facto de G3 ter uma ampla gama de artigos, 693 SKU's com variadíssimas funcionalidades. No seu conjunto, estes dois grupos de artigos contêm 830 SKU's adquiridos a 83 fornecedores.

A origem de cerca de 52% dos fornecedores, de reparação de G1 e aquisição de G1, G2 e G3 é nacional, os restantes provêm sobretudo de países europeus. Em relação à escolha de fornecedores estrangeiros deverá ter-se em consideração o preço praticado e também os prazos de entrega. Os prazos de entrega demasiado elevados de determinado fornecedor implicam um aumento do nível de *stock* dos seus artigos, na medida em que a procura durante o *lead time* é consequentemente superior. Por isso, deverá optar-se por aumentar o número de contratos celebrados com os fornecedores para obter condições mais vantajosas e analisar se existe uma opção viável a fornecedores com prazo de entrega elevado.

2.3.4 Evolução da Procura

Os dados da evolução da procura, ou seja, do consumo de artigos foram obtidos através das transferências de saída de armazém para contentores ou viaturas de intervenção. A procura efetiva por determinados artigos é resultante da anomalia detetada, ou mesmo, do pedido de reposição de *stock* no contentor ou viatura de intervenção. Desde que se dá esta necessidade no exterior até ao momento de saída de determinado artigo do armazém decorre um intervalo de tempo. Este intervalo

pode ser de apenas um dia, no caso do artigo requerido estar disponível de imediato para expedição, ou pode ser de algumas semanas quando o artigo não pode ser disponibilizado de imediato por não existir em *stock*.

Na Figura 2.11 observa-se a evolução do consumo mensal do grupo de artigos G1 durante os anos de 2012 e 2013.

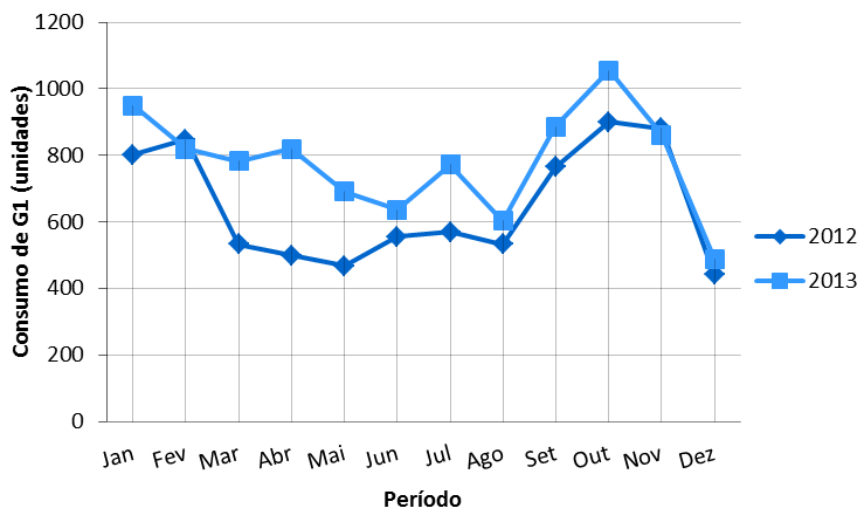


Figura 2.11- Consumo mensal de G1 em 2012 e 2013

Na Figura 2.11 apresenta-se o consumo agregado dos artigos G1, que inclui artigos de reparação interna e externa, que demonstra sazonalidade anual sem tendência, mas com um pico de procura entre Outubro e Novembro. Este pico é referente ao acumular de necessidades durante o mês de Agosto e Setembro, meses estes que correspondem ao período de férias de Verão, razão pela qual existe uma maior taxa de utilização de determinadas praças de portagens e consequente aumento da necessidade de recuperação de anomalias. Estas anomalias são resolvidas, à partida, recorrendo às existências do *stock* das viaturas de intervenção, mas assim que estes se esgotam é necessário proceder à reposição através do armazém central no mês de Setembro e Outubro. Em relação ao consumo de cada equipamento a identificação de alguma sazonalidade é bastante mais rara.

Na Figura 2.12, representa-se o consumo ao longo dos anos 2012 e 2013 dos artigos do grupo G1 de reparação interna e de reparação externa.

Analisando-se a Figura 2.12, evidencia-se o consumo superior de artigos de reparação interna e a variabilidade do consumo de ambos os tipos de artigos. Apesar do consumo dos artigos de reparação externa ser inferior aos de reparação interna, este tipo de artigos representa 56% dos SKU's do grupo G1, contudo os artigos de reparação interna os mais consumidos. Em relação à variabilidade do consumo pode afirmar-se que existe um padrão de consumo comum aos dois tipos de artigos. O padrão de consumo presente ao longo destes dois anos para os 2 tipos de reparação permite identificar um período de níveis de consumo inferior entre Março e Agosto, e com queda do seu consumo em Dezembro.

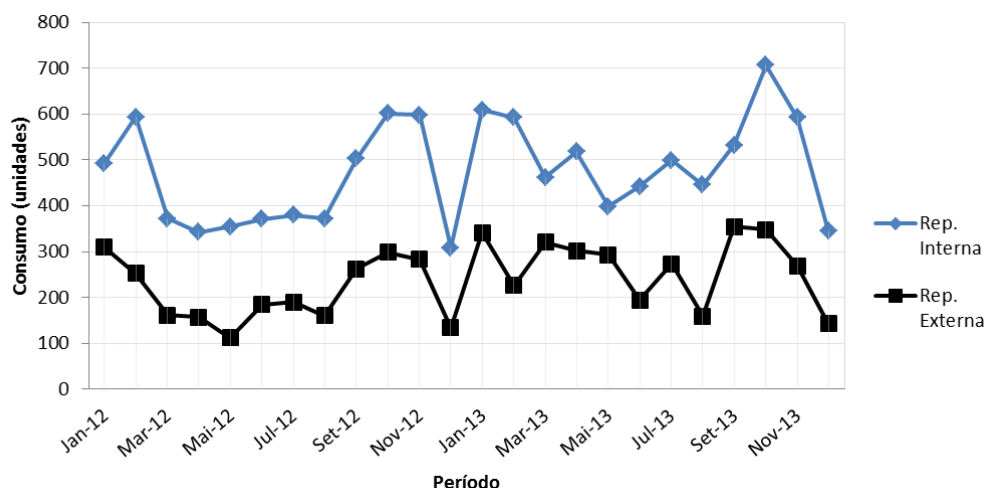


Figura 2.12- Evolução do Consumo Mensal dos Artigos G1 de Reparação Interna e Externa

Na Figura 2.13, representam-se os consumos dos artigos G1 de reparação interna e de reparação externa isoladamente, para que seja possível fazer uma análise comparativa.

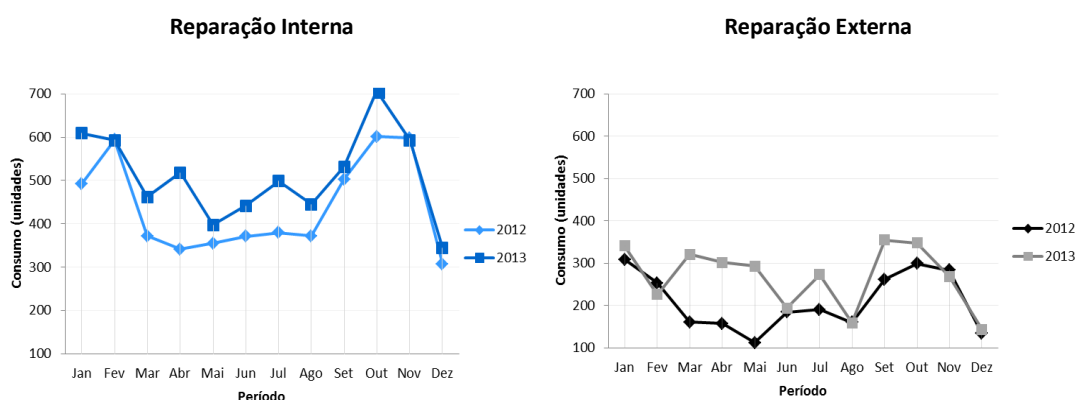


Figura 2.13- Consumo de Artigos de Reparação Interna VS Consumo de Artigos de Reparação Externa

Na Figura 2.13 ambos gráficos estão à mesma escala para que a comparação seja facilitada. Em relação aos artigos de reparação interna identifica-se sazonalidade anual, com pico de procura a Outubro. Em relação aos artigos de reparação externa encontra-se esse padrão temporal entre Junho e Fevereiro, sem que exista um pico de procura evidente.

Em ambos gráficos pode observar-se uma tendência crescente da procura entre o mês de Setembro e Novembro. Este pico deve-se ao facto da PLP encerrar no mês de Agosto o que resulta na acumulação de encomendas de reparação que começam a ser respondidas através do stock existente em Setembro e a partir deste mês, após novas ordens de trabalho de reparação e pedidos de encomenda de reparação externa, continuam a sair do armazém artigos necessários no exterior. Na Figura 2.14

observa-se a evolução do consumo dos artigos G2, não reparáveis, durante os anos de 2012 e 2013.

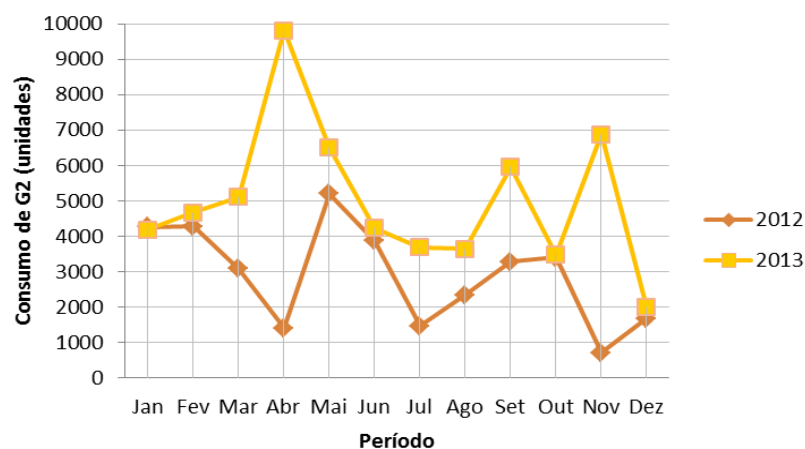


Figura 2.14- Evolução Consumo Mensal de Artigos G2 em 2012 e 2013

No caso dos artigos G2 é possível constatar uma maior variabilidade do consumo tanto ao longo de um ano, como em períodos homólogos dos 2 anos. Por isso, não é possível identificar sazonalidade anual neste consumo. Esta análise enquadra-se com estes artigos na medida em que se tratam maioritariamente de componentes de substituição cuja saída do armazém não é programada. Os artigos G2 que apesar de terem um consumo médio mensal bastante superior aos artigos G1, na ordem das 4000 unidades por mês, representam um custo relativamente reduzido para a empresa, como pode ser verificado na secção 4.3.1. A representação gráfica da evolução do consumo dos artigos G3 ao longo de dois anos é feita na Figura 2.15.

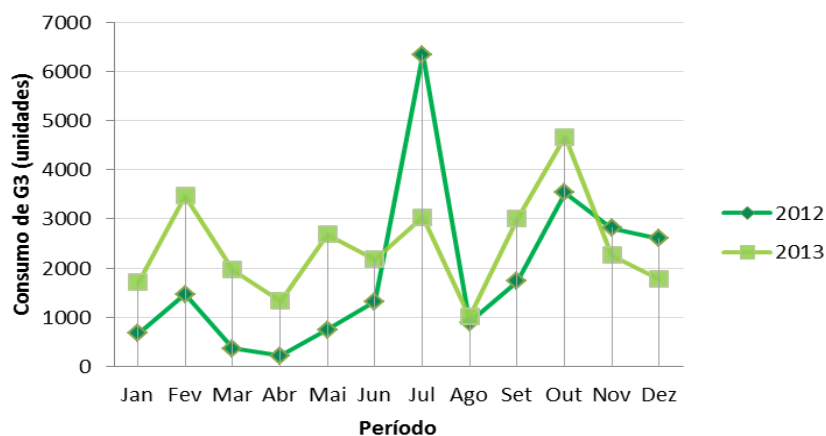


Figura 2.15- Consumo Mensal de Artigos G3 em 2012 e 2013

Evidencia-se na Figura 2.12 a sazonalidade anual, com pico da procura a ocorrer em Julho e Outubro, nos anos 2012 e 2013 respectivamente. Neste caso a sazonalidade deve-se, em parte, ao facto destes artigos não pertencerem ao *stock* da viatura de intervenção, o que indica que sejam artigos cujo número de ocorrências de anomalias no exterior não justificam a sua presença nas viaturas, por essa razão as saídas de

armazém coincidem efetivamente com as necessidades dos sistemas instalados, e não com reposições do *stock* de viatura. O pico de procura ocorra nos meses de Fevereiro, Julho e Outubro poderá estar relacionada com a influência das condições atmosféricas de Verão e Inverno nos artigos.

2.3.5 Caracterização da Procura

O consumo, ou seja a procura por reparação, substituição ou instalação destes equipamentos depende essencialmente de duas variáveis. O número de equipamentos instalados, que está diretamente relacionado não só com o número de quilómetros de concessão como também com o número de pontos de acesso e pagamento Via Verde. O fluxo rodoviário, que influencia a fiabilidade dos equipamentos instalados nessa via, na medida em que os equipamentos em praças de portagem e pontos Via Verde com maior fluxo têm uma taxa de utilização superior o que se revela no seu desgaste, implicando a sua substituição ou reparação com uma maior frequência relativamente a locais de menor tráfego.

2.3.6 Nível de Serviço

A prestação de serviço por parte da BIT está relacionada com o nível de serviço prestado ao longo das vias rodoviárias de concessão Brisa e pontos de Via Verde Access, aos condutores que nestas zonas transitam através dos seus sistemas inteligentes de pagamento, prevenção, segurança e acesso. O patamar de nível de serviço a atingir pela empresa é de 95%, o que significa em termos de serviço prestado pelo armazém que apenas em 5% das vezes poderão existir pedidos não correspondidos. Por isso, este nível de serviço será também o objectivo na implementação do modelo de gestão de *stocks*.

2.3.7 Rutura de Stock

Um dos grandes problemas que surge na gestão de *stocks* dos artigos G1, G2 e G3 é a sua rutura. A rutura de *stock* deve-se principalmente às particularidades deste tipo de artigos que prestam assistência à manutenção, questão abordada no subcapítulo 4.3. É difícil avaliar o custo da rutura de *stock* deste tipo de artigos, dado que se trata de artigos que podem ou não ter influência no serviço prestado, a análise que será realizada não contempla este custo.

A título de exemplo, o não funcionamento de uma cancela numa via de praça de portagem com pagamento manual ou automático impossibilita a sua utilização, por isso esta anomalia corresponde ao encerramento dessa mesma via, de tal forma que prestação de serviço nessa praça de portagem sofre uma redução. Como exemplo de um artigo que não penaliza a prestação de serviço tem-se a lâmpada do semáforo presente na via autorizada a clientes Via Verde, mesmo que esta não esteja a funcionar esta via continua aberta.

3 Gestão de Stocks de Peças de Reposição

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica sobre os temas da dissertação.

Durante o desenvolvimento desta dissertação foi analisado o estado da arte relativo à gestão de stocks. A revisão da literatura existente permitiu analisar metodologias à caracterização final do sistema de gestão de stocks. Primeiro será abordada a importância da logística nas organizações, de seguida o estado da arte em relação aos temas da gestão de cadeia de abastecimento, gestão logística e gestão de stocks onde se pormenorizam vários conceitos envolvidos.

As fórmulas utilizadas a partir do presente capítulo utilizam nomenclatura que se encontra definida no Anexo B.

3.1 A Importância da Logística nas Organizações

O conceito primordial de logística surge com a necessidade de na área militar correlacionar da melhor forma várias atividades que no decorrer de um conflito se tornariam emergentes. Algo que se reflete para dentro de uma empresa se se pensar nas inúmeras atividades a gerir de forma eficaz e eficiente.

A logística é a única área de negócio focada 24 horas por dia em levar o produto ou serviço onde e quando desejado. Ou como descrito pelo *Council of Logistics Management* a Logística é o processo de planeamento, implementação e controlo do fluxo e armazenamento de produtos, serviços e respectiva informação desde o ponto de origem até ao ponto de consumo de modo eficaz e eficiente satisfazendo o cliente.

Segundo Nenes, Panagiotidou, & Tagaras (2010), a gestão de *stocks* em particular é reconhecida como uma das mais relevantes áreas no comércio e indústria, que muitas das vezes tem grande impacto no seu desempenho global.

Os *stocks* são uma das componentes mais relevantes na gestão de qualquer empresa, não só porque imobilizam capital mas também porque implicam custos, tornando-se crucial a redução ao máximo dos níveis de *stock*. Contudo, esta redução pode interferir na disponibilidade dos artigos prejudicando o nível de serviço por isso este é um dos maiores desafios da Logística (Ramos, 2012).

Nos últimos anos, mais de 90% das empresas que implementam melhorias na gestão de *stocks* ou gestão da produção alcançam uma redução de pelo menos 20% dos custos, sem que o nível de serviço prestado seja reduzido (Silver, Pyke, & Peterson, 1998).

3.2 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento

Nos anos 70 surgiu de forma mais evidente a necessidade das empresas reduzirem os seus custos devido ao aumento dos preços da energia e das taxas de juro com a globalização industrial. Desta forma, deu-se a oportunidade de focar esforços na

gestão da cadeia de abastecimento para se atingir o objetivo, começando então nesta década o grande desenvolvimento desta área (Lambert, Stock, & Ellram, 1998).

A distinção entre Gestão Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento é principalmente ao nível da abrangência.

A Gestão Logística é responsável pela gestão e planeamento das atividades logísticas existentes numa determinada organização. O Council of Supply Chain Management define como atividades logísticas a gestão de transporte de entrada e saída, gestão de frota, gestão de armazenagem, gestão de materiais e seu manuseamento, gestão de resposta a encomendas, desenho da rede logística, gestão de inventários, planeamento do abastecimento e da procura e gestão dos prestadores de serviços logísticos. Na Figura que se segue estão representadas três dimensões: tempo, custo e qualidade de serviço.

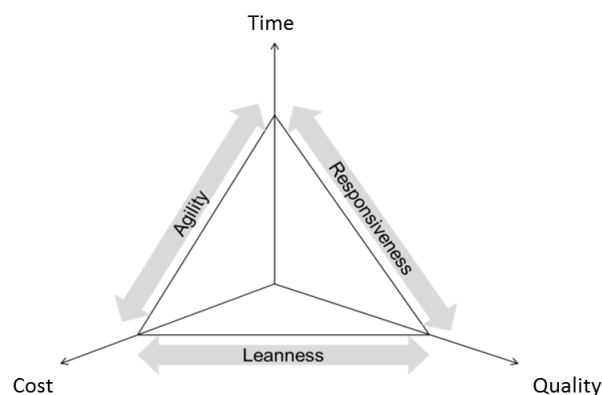


Figura 3.1- Trinómio das dimensões Logísticas

Adaptado: Carvalho et al., 2012

A melhoria contínua nas três dimensões deverá ser um objetivo, mas sempre considerando como importantes e imprescindíveis *drivers* a sua sustentabilidade (*leanness*), capacidade de resposta (*responsiveness*) e agilidade (*agility*). Segundo Carvalho et al. (2012), a Gestão Logística faz-se por recurso a um instrumento de gestão que inclui estas dimensões e que promove raciocínios e decisões, essencialmente através de equilíbrios e *trade-offs*, entre elas. Sumarizando, o que se pretende são curtos tempos de resposta, a baixo custo e elevada qualidade de serviço de forma fiável.

A gestão da cadeia de abastecimento é mais abrangente do que a gestão logística, na medida em que engloba todo o conjunto de atividades de abastecimento e aquisição, assim como de todas as atividades de gestão logística. Em essência, a Gestão da Cadeia de Abastecimento integra as componentes abastecimento e procura dentro e entre empresas (CSCMP, 2010).

Numa lógica de inventário e de gestão de *stocks*, a logística trata das questões da gestão de materiais, sejam bens finais, produtos semiacabados ou matérias-primas, quer se encontrem em movimento quer estejam parados (em *stock*). Isto significa que

numa lógica de inventário a logística trabalhará a questão dos fluxos de produtos e, como para trabalhar fluxos físicos carece de fluxos de informação, acabará por se tornar responsável pela gestão dos fluxos físicos e informacionais. (Langley et al., 2001)

Numa lógica de cliente a logística pretende conseguir o produto certo, para o cliente certo, na quantidade certa, na condição certa, no lugar certo, no tempo certo e ao custo certo (Ramos, 2012).

A Gestão da Cadeia de Abastecimento envolve o planeamento e a gestão de todas as operações de *sourcing* e *procurement*, e todas as actividades logísticas. Importante referir que envolve também a coordenação e a procura de colaboração entre parceiros da cadeia ou canal, sejam eles fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos ou clientes. Em essência, a Gestão da Cadeia de Abastecimento integra as componentes abastecimento e procura dentro e entre empresas (CSCMP, 2012).

3.3 Gestão de Stocks

Para melhor perceber o tema da gestão de *stocks* é importante a revisão na literatura quanto ao conceito de *stock*. Vários autores classificam o *stock* segundo diferentes perspetivas, no caso de Moreira (1996), o *stock* é qualquer quantidade de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutivo, por algum intervalo de tempo, estão incluídos tanto os produtos acabados que aguardam para ser vendidos, como matérias-primas e componentes que aguardam a sua utilização na produção.

Segundo Slack, Chambers, Harland, Harrison & Johnston (1997) o *stock* é a acumulação de recursos num sistema de transformação de matérias.

Sumarizando, este conceito é a quantificação de três vertentes de produto: matéria-prima, semiacabado e acabado. Esta dissertação trata a gestão de *stocks* de produtos semi acabados (os que aguardam reparação) e de produtos acabados.



Figura 3.2- Trade-off da Gestão de Stocks

A grande dificuldade é criar um equilíbrio no nível de inventário devido ao *trade-off* representado na Figura 3.2. A solução desejada é uma política de gestão adequada que garanta um nível de serviço satisfatório sem que se acumule *stock* desnecessário que tem implicações em termos de custos e manuseamento (Nenes, Panagiotidou, & Tagaras, 2010).

A gestão de *stocks* tem como principais objetivos aumentar a rentabilidade das empresas através da melhoria da mesma, para prever o impacto de políticas corporativas sobre os níveis de *stock* e minimizar o custo total das atividades de logística, atendendo aos requisitos de atendimento ao cliente (Lambert, Stock, & Ellram, 1998).

As razões para criar *stock* são várias, mas de acordo com Lambert, Stock e Ellram (1998) existem 5 fundamentais:

- Permite à empresa a criação de economias de escala
- Equilibra a oferta e a procura
- Possibilita a especialização no fabrico
- Protege a empresa de incertezas na procura e no tempo de reposição de *stock*
- Actua como um *buffer* às interfaces críticas do canal de distribuição

Apesar de todos os benefícios, a criação de *stocks* tem condicionantes que a tornam mais desafiante para os gestores responsáveis por esta área. As principais desvantagens são: custo de posse, capital imobilizado e custos de obsolescência (Reis, 2006).

Segundo Silver, Pyke & Peterson (1998), para que seja possível obter um eficiente armazenamento há que determinar a resposta a três importantes questões:

- Qual a frequência com que se devem determinar os parâmetros de armazenamento?
- Quando se deverá realizar o lançamento de uma nova encomenda?
- Qual a quantidade a encomendar?

Nesta dissertação, os artigos em questão são definidos na literatura como peças de reposição e, por isso, a gestão destes artigos difere de outros sobretudo quanto à sua função, mas também quanto à política de gestão de *stocks* a aplicar.

Resumindo, o *stock* como armazenamento de produto é fundamental para uma empresa que queira garantir a existência do seu produto, mas é através duma eficiente gestão de *stocks* que se proporciona a melhoria nos níveis de *stock*, um aumento do rendimento e retorno sobre o investimento numa organização.

3.3.1 Gestão de *Stocks* de Peças de Reposição

O caso particular da gestão de *stocks* de peças de reposição tem particular interesse nesta dissertação pelo facto do armazém em modelação conter peças deste tipo, por isso, destinadas à manutenção de sistemas e equipamentos instalados no exterior ao longo de toda a concessão e zonas com Via Verde Access.

A função do armazenamento das peças de reposição é dar assistência ao serviço de manutenção prestado pelas equipas técnicas assegurando a operacionalidade dos sistemas instalados. Ao contrário do armazenamento de produtos acabados destinados a clientes que existem para dar resposta a uma determinada procura e que

são concebidos de forma a proteger o nível de *stock* contra as irregularidades nos prazos de entrega, níveis de qualidade, produção, e planeamento, assim como diferenças entre a capacidade disponível e procura (Kennedy, Patterson, & Frendendall, 2002).

Segundo Bošnjakovic (2010) “as peças de reposição em *stock* existem para facilitar as funções de manutenção aquando a ocorrência de uma falha”.

Apesar da funcionalidade destas peças ser bem entendida pela gestão de manutenção, inúmeras empresas lidam com o desafio da manutenção de grandes quantidades de *stock* associadas a elevados custos de manutenção e obsolescência. A dificuldade que existe na escolha de uma boa estratégia de gestão das peças de reposição relaciona-se com a sua natureza, na medida em que são normalmente peças com rotação muito baixa e procuras altamente variáveis e erráticas (Porrás & Dekker, 2008).

Quanto à procura por peças de reposição, a sua ocorrência está relacionada com a falha ou substituição de um determinado equipamento. Normalmente, a procura é de natureza intermitente que se caracteriza pela infrequente chegada da procura com vários períodos de procura nula (Syntetos, Babai & Altay, 2012). Segundo Willemain, Smart, e Schwarz (2004) o histórico típico de procura destas indústrias revela não só vários períodos de procura nula como também alguns períodos de procura elevada e não será de prever a existência de sazonalidade.

Segundo Kennedy, Patterson, e Frendendall (2002) a gestão de *stocks* de peças de reposição tem algumas particularidades:

- Decisão crítica para o nível de *stock* de peças de reposição: reparar uma peça com anomalia ou substituí-la por uma peça de reposição.
- As anomalias ocorridas são, por vezes, dependentes – é importante conhecer essas dependências.
- O custo de rutura de um inventário de peças de reposição inclui, geralmente, qualidade do serviço, ou seja, nível de prestação do serviço, difíceis de quantificar em termos de custos.
- Existe um problema de obsolescência quando determinadas peças de reposição deixam de ter lugar num sistema por este ter sido substituído.
- O armazenamento de um determinado equipamento é menos dispendioso quando feito às peças, do que no seu todo quando se tratam de dimensões médias a grandes.

3.3.2 Tipologia e Classificação Funcional dos Stocks

O *stock* existente numa determinada organização, pode ter várias classificações consoante o tipo de artigo ou finalidade do mesmo.

Segundo Heizer & Render, de acordo com o tipo de artigos, o armazenamento pode ser de matérias-primas, de artigos em processamento - work-in-process (WIP), de artigos para manutenção, reparação e operação, ou ainda de produtos acabados

A função desempenhada por determinados artigos armazenados, designado *stock*, deve ser variada. Silver, Pyke & Peterson (1998) recomendam que haja pelo menos seis tipologias de *stock*:

- **Stock cíclico** resulta da tentativa de produzir ou lançar uma nova ordem de encomenda por lotes, e não quantidades unitárias. A quantidade armazenada em determinado momento resultante destes lotes é denominada por *stock* cíclico.
- **Stock sujeito** a restrição quando o armazenamento está sujeito a uma capacidade limitada.
- **Stock de segurança** é uma quantidade armazenada de um determinado artigo que permite, mesmo em cenário de incerteza em relação à procura e prazos de entrega, a resposta às necessidades.
- **Stock de antecipação** consiste num *stock* gerado por antecipação a um pico de procura previsto.
- **Armazenamento em pipeline** de um artigo entre duas localizações é proporcional à sua utilização e o tempo de deslocação entre as localizações.
- **Decoupling stock** é utilizado quando existem artigos armazenados pertencentes a diferentes escalões e que, por essa razão, implicam diferentes tomadas de decisão.

3.3.3 Sistemas de Classificação de Stock

A relevância de uma boa classificação dos *stocks* relaciona-se com a interdependência que existe entre os mesmos e a utilização de recursos como tempo e dinheiro na sua gestão. Uma classificação muito utilizada pela sua simplicidade é a classificação ABC baseada na lei de Pareto, em homenagem ao economista Vilfredo Pareto, declara que 80% dos efeitos advêm de apenas 20% das causas.

A metodologia de classificação ABC é utilizada em inúmeras empresas de modo a auxiliá-las na aplicação dos recursos possíveis aos artigos armazenados mais importantes, pretendendo-se assim simplificar a organização e eficiente gestão de *stocks* (Hatefi, Torabie & Bagheri, 2013).

Devido à sua ampla utilização vários autores abordam esta classificação, por exemplo, Blackstone and Cox (2008) afirmam que a classificação ABC permite catalogar um grupo de artigos por ordem decrescente do seu valor de volume monetário anual, ou de outro critério, sendo de seguida distinguido em três classes A, B e C. Os artigos categorizados como de classe A são os mais importantes, de seguida os artigos de classe B são os moderadamente importantes, e os de classe C são os de menor importância (Silver, Pyke & Peterson, 1998).

O principal objetivo da classificação é simplificar a gestão de armazenamento, através da atribuição de diferentes políticas de gestão de *stocks* e níveis de serviço por classes e não por cada SKU (*stock keeping unit*) isoladamente (Teunter et al., 2009).

A unidade SKU é definida por Silver, Pyke & Peterson (1998) como um item pertencente ao *stock* completamente definido nas várias especificações como funcionalidade, tamanho, cor e, habitualmente, localização.

Segundo Reis (2006), quando as organizações concentram a maioria dos recursos, materiais, mão-de-obra e tempo, na gestão dos produtos da classe A, conseguem

resultados muito mais relevantes do que aconteceria se os mesmos recursos fossem dispersados pela totalidade dos artigos. No caso dos artigos sem movimentação, que por essa razão se incluem na classe C, cuja armazenagem apenas implica custos sem contrapartida para o funcionamento da organização devem ser retirados do *stock*.

Assim, a importância atribuída a cada classe de artigos ajuda na agregação, organização e caracterização dos artigos de forma bastante simples, e tornar-se-á também possível através destas classes aplicar políticas de gestão de *stocks* adequadas a um grupo de artigos, e não individualmente.

3.3.4 Classificação da Procura

A classificação da procura dos artigos é essencial para a escolha do modelo de gestão de *stocks* adequado, uma vez que os pressupostos dos mesmos estão relacionados com o tipo de procura verificada.

O consumo de determinados artigos não se comporta seguindo uma distribuição normal, aliás na grande maioria dos casos práticos é o que se sucede. Para que fosse possível nomear de forma mais clara as procuras com diferentes tipos de flutuações Syntetos (2005) gerou uma classificação da procura que se distingue em quatro categorias baseadas num critério de classificação implementado por Williams (1984). Seguem-se então as possíveis classificações para o comportamento da procura.

Intermittent (intermitente): ocorre ocasionalmente com vários períodos procura nula.

Erratic (errática): é altamente variável, considerando a dimensão da procura e não a procura por período.

Slow Moving (suave): com alguns períodos sem qualquer procura e aquando a ocorrência de procura esta é de uma unidade apenas ou de reduzida quantidade.

Lumpy (irregular): ocorre ocasionalmente com vários períodos de procura nula, quando ocorre a procura é altamente variável.

Estas classificações resultam da identificação do intervalo de tempo entre consumos (*ADI*) e da variabilidade da procura (CV^2) disponíveis em (1) e (2).

$$ADI = \frac{\sum \text{Duração do intervalo entre consumo}}{N^{\circ} \text{ de intervalos entre consumos}} \quad (1)$$

$$CV^2 = \left(\frac{\sigma}{\mu} \right)^2 \quad (2)$$

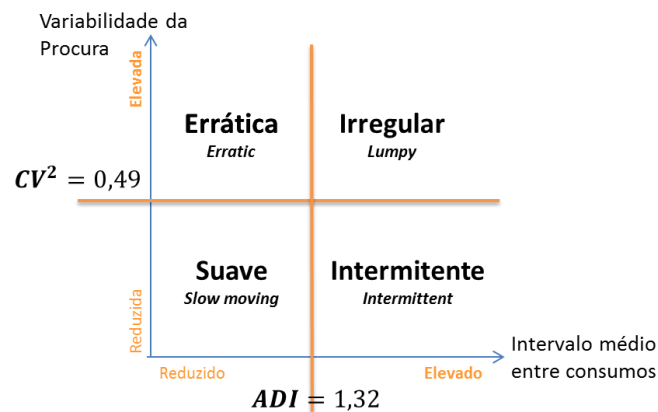


Figura 3.3- Classificação da Procura pela Variabilidade da Procura em Função do Intervalo entre Consumos

Adaptado: Ghobbar & Friend, 2002

Na Figura 3.3 podemos observar o sistema de classificação referido acima sob representação gráfica, assim como os valores de *cut-off* que delimitam as diferentes categorias de procura. Os valores de *cut-off* são provenientes dos resultados teóricos (Syntetos, 2001). Contudo, estes valores de *cut-off* correspondem à unidade temporal de mês, ao contrário da unidade que se irá utilizar no capítulo 4, a semana. Assim, existe necessidade de fazer uma conversão onde se estima um valor de $ADI = 5,28$, já no caso de CV^2 é um valor sem unidade de medida, por isso, não precisa de conversão.

Na Figura 3.4, apresentam-se 4 representações gráficas relativas aos respectivos grupos de classificação da procura, onde se pode observar a configuração gráfica de cada uma das classificações.

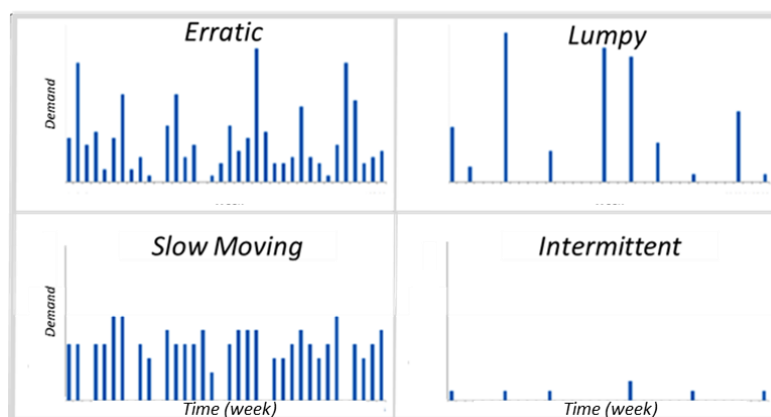


Figura 3.4 Procura Slow Moving, Erratic, Lumpy e Intermittent

Adaptado: Syntetos & Boylan, 2005

Através da Figura 3.4 é possível observar qual a configuração da distribuição da procura para que seja possível ter uma ideia da classificação da procura de determinado artigo pelo gráfico da procura em função do período analisado.

Outro modelo, neste caso mais simplista, para a classificar a procura de determinados artigos é de acordo com a velocidade de rotação. Este modelo distingue três classes: Alta Rotação (F- Fast Moving), Baixa Rotação (S- Slow Moving) e Sem Rotação (N- Non Moving) (Bošnjakovic, 2010). Este modelo não define as velocidades padrão para cada classe, por isso a classificação atribuída considera apenas um sistema de avaliação qualitativo da frequência de saída de armazém.

A procura pode também ser classificada segundo a sua variabilidade ao longo de um ciclo e assim pode ser distinguida entre constante, com tendência, sazonal ou irregular (Heuts, Srijbosch, & Van der Schoot, 1999).

3.3.5 Modelos de Gestão de Stocks

Para que seja viável uma boa gestão do armazenamento é necessário implementar uma ou várias políticas de gestão de *stocks*, que podem ser atribuídas através da importância declarada pelas diferentes classes obtidas pela classificação ABC.

Existem vários modelos de revisão do *stock*, contudo, estão na sua grande maioria divididos em dois tipos: os modelos de revisão contínua e os modelos de revisão periódica. Em ambos os modelos o objetivo é controlar os níveis de *stock* de forma a prever quando e quanto encomendar, mas com uma estratégia de revisão diferente. Os parâmetros utilizados para definir as políticas podem ser ponto de encomenda ou *stock* mínimo (s), *stock* de segurança (Q_{seg}), *stock* máximo (S), quantidade de encomenda (Q^*) e periodicidade de revisão do nível de *stock* (T).

A utilização de um modelo de revisão contínua implica o constante conhecimento do nível de *stock*, e por isso, é muitas das vezes denominado como *transactions reporting*. Uma grande vantagem deste modelo é o facto de a qualquer momento ser possível a decisão de um novo reabastecimento, contudo tem desvantagens. Uma das desvantagens deste modelo é a exigência, uma vez que se trata de um modelo mais dispendioso em termos dos custos de revisão (Silver, Pyke & Peterson, 1998). Este modelo em particular caracteriza-se por s e Q^* . De seguida, define-se a nomenclatura utilizada e como proceder ao cálculo das variáveis necessárias ao modelo.

$$Q_{seg} = k\sigma_{D_L} \quad (3)$$

k : Factor de segurança

σ_{D_L} : Desvio padrão da procura durante o *lead time*

$$s = \mu_{D_L} + Q_{seg} \quad (4)$$

μ_{D_L} : Valor médio da procura durante o *lead time*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\mu_D C_a}{I_c}} \quad (5)$$

μ_D : Valor médio da procura

C_a : Custo de lançamento de encomenda

I : Taxa de manutenção

c : Custo de aquisição

Onde,

$$\sigma_{DL} = \sqrt{(\mu_L \times \sigma_D^2) + (\mu_D^2 \times \sigma_L^2)} \quad (6)$$

μ_L : Valor médio do *lead time*

σ_D : Desvio padrão da procura

σ_L : Desvio padrão do *lead time*

$$\mu_{DL} = \mu_D \times \mu_L \quad (7)$$

No caso da aplicação de um modelo de revisão periódica o nível de *stock* é revisto, como a designação indica, periodicamente. Este intervalo temporal entre revisões pode ser determinado matematicamente, ou proposto pela empresa que implementa o modelo. Pelo facto das revisões serem realizadas entre determinados períodos, o nível de *stock* pode atingir o valor nulo no decorrer deste intervalo e assim, nenhuma ordem de encomenda poderá ser efectuada nesse momento, o que se revela uma desvantagem deste modelo (Silver, Pyke & Peterson, 1998).

Os modelos também se podem distinguir pelos pressupostos que assumem. É o caso dos modelos definidos para uma determinada distribuição estatística da procura e dos que optimizam os seus parâmetros para que se obtenha um determinado nível de serviço, devido à comum impossibilidade de cálculo dos custos de rutura. A opção de usar uma taxa de serviço alvo deve-se à falta de informação relativa às várias componentes de custos necessárias para um modelo baseado nos custos (Strijbosch, Heuts & Van der Schoot 2000).

3.3.5.1 Modelo de Revisão (s, S): Heurística de Naddor

Os artigos G1 são artigos do tipo reparável que são armazenados para dar assistência ao serviço de manutenção e apresentam procura reduzida, pelo que foi necessário o estudo de um modelo adequado a esta condição

A heurística de Naddor consiste numa revisão periódica a artigos com procura esporádica, ou seja, que ocorra entre largos intervalos de tempo com grande variabilidade da dimensão da procura. Esta heurística representa um modelo de revisão periódica, como já se referiu, do tipo (s, S) que revê o *stock* todos os T períodos

de tempo e caso o nível de *stock* se encontre abaixo ou igual a s , é criada uma nova ordem de encomenda para que o *stock* se eleve até ao nível S (Kurtulus, 2006). Para sistemas de armazenamento com variáveis estocásticas, prevê-se a utilização de N (função inversa do nível de serviço) com valor de 2,58 para níveis de serviço de 95%, já para um nível de serviço de 100% o valor estimado seria 3 (Naddor, 1975). As equações para o cálculo das variáveis deste modelo apresentam-se de (8) a (13).

Período entre revisões (T)

$$T = \sqrt{\frac{2C_a}{\mu_D Ic}} \quad (8)$$

μ_D : Valor médio da procura

C_a : Custo de lançamento de encomenda

I : Taxa de manutenção

c : Custo de aquisição

$$\mu_{(D_{L+T})} = \left(\mu_L + \frac{T}{2} \right) \mu_D \quad (9)$$

$\mu_{(D_{L+T})}$: Valor médio da procura durante o *lead time* mais tempo entre revisões

μ_L : Valor médio do *lead time*

$$\sigma_{(D_{L+T})} = \sqrt{\left(\mu_L + \frac{T}{2} \right) \sigma_D^2 + \frac{(T\mu_D)^2}{12} + \frac{1 - P(0)^T}{6}} \quad (10)$$

$\sigma_{(D_{L+T})}$: Desvio padrão da procura durante o *lead time* mais tempo entre revisões

$P(0)$: Probabilidade da procura ser nula

$$S = \mu_{(D_{L+T})} + N\sigma_{(D_{L+T})} \quad (11)$$

N : Função inversa do nível de serviço

$$s = \mu_{(D_{L+T})} + N\sigma_{(D_{L+T})} - Q \quad (12)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2\mu_D C_a}{Ic}} \quad (13)$$

3.3.6 Capacidade Laboral do Centro de Reparações - Restrição

No planeamento de determinadas operações no interior de uma organização existem determinadas restrições relacionadas, por exemplo, com o valor disponibilizado para um determinado investimento, capacidade de armazenagem, capacidade de produção, etc. Esta dissertação, aborda uma restrição relacionada com a capacidade de

reparação da PLP tendo em conta o número de colaboradores disponíveis para o centro de reparações e o horário efetivo de laboração. Ao determinar as variáveis descritas, é possível aplicar uma função que descreva este problema de forma a maximizar o número de reparações realizadas por semana no centro.

Segundo Evans e Gould os multiplicadores de Lagrange são uma solução para problemas de optimização de uma ou várias funções sujeitas a restrições e permite encontrar extremos (máximos e mínimos) de uma função de uma ou mais variáveis suscetíveis a uma ou mais restrições. O método de Lagrange, no caso de uma maximização define-se através da seguinte função.

$$J = f(x_1, \dots, x_n) + \theta[g(x_1, \dots, x_n) - C] \quad (14)$$

$$\begin{cases} g(x_1, \dots, x_n) \leq C \\ \frac{\partial J}{\partial x_j} = 0 \end{cases}$$

θ : Multiplicador de Lagrange

C: Valor da restrição

J: Função Lagrangeana

f: Função a maximizar

g: Função sujeita à restrição

Através deste método poderá determinar-se o valor do multiplicador de Lagrange que maximiza o número de reparações possíveis de realizar no centro de reparações para cada um dos artigos numa semana.

4 Implementação do Modelo de Gestão de Stocks

Neste capítulo apresenta-se o modelo de gestão de stocks criado para o caso de estudo descrito no capítulo 2. Através deste modelo responder-se-á a três questões fundamentais levantadas: como, quando e quanto encomendar ou reparar, no caso específico dos artigos G1.

4.1 O Modelo de Gestão de Stocks

A primeira fase desta dissertação consistiu na recolha de dados relativos aos artigos que entre 1 de Janeiro de 2012 a 31 de Dezembro de 2013 saíram do armazém para uma viatura de intervenção ou contentor de armazenamento. Esta informação que permite conhecer as necessidades das operações de manutenção, foi recolhida através de um *software* de gestão de fornecedores e materiais utilizados na Brisa Inovação e Tecnologia (BIT), o SAP.

Depois de recolhidos os dados relativos à procura destes artigos foi preciso identificar junto dos colaboradores responsáveis pelo centro de compras quais os prazos de entrega do fornecedor mais frequente para todos os artigos de reparação externa, para os artigos sem reparação, G2 e G3, e ainda recolher através de relatórios do centro de reparações os tempos necessários à reparação dos artigos de reparação interna. Conseguindo-se assim obter o *lead time* de reparação externa, o *lead time* para a aquisição dos artigos G2 e G3 e o *lead time* de reparação interna, respectivamente. Em relação aos prazos de entrega praticados pelos fornecedores, estes tiveram de ser estimados pelos colaboradores, uma vez que não existe registo desta informação no SAP adquirido pela BIT.

A recolha de custos foi a operação que se seguiu, com os custos de aquisição obtidos, na sua maioria, automaticamente através do SAP. Já em relação aos custos de reparação externa tiveram de ser pesquisados de forma individual, isto porque a ficha de reparação anexada ao artigo enviado para reparação não contém o código do artigo, apenas uma descrição do mesmo e assim quando o custo de reparação externa é procurado por código ou descrição exata do artigo não é possível encontrá-lo.

Depois de recolhidos todos os dados é necessária uma análise rigorosa dos mesmos para que a modelação em gestão de *stocks* implementada seja a mais adequada possível. Nos subcapítulos seguintes serão apresentadas várias abordagens, desde as análises realizadas até à própria da implementação dos modelos de gestão de *stocks*.

4.2 A Classificação ABC como Metodologia de Agrupamento de Artigos

O processo de classificação ABC é uma técnica de seleção e agrupamento de artigos de armazenamento bastante simples baseada na lei de Pareto. A lei de Pareto ou princípio dos 80/20 pode verificar-se com outras percentagens do critério por percentagem de artigos, como é o caso dos três grupos de artigos analisados (G1, G2 e G3).

No caso particular da classificação das peças de reposição armazenadas foi recomendado pela empresa que a avaliação de importância fosse realizada segundo o critério do consumo. Isto porque no caso das peças de reposição, pela sua função, é necessário e suficiente que a importância atribuída aos artigos seja proporcional a sua procura/consumo.

Para obter a classificação relativa a todos os artigos é necessário determinar duas variáveis relativamente a cada um, a percentagem acumulada de unidades de produto em armazém e a percentagem acumulada de consumo de artigos em armazém. A percentagem acumulada de produto é obtida através do número total de SKU's em armazém, e a percentagem acumulada de consumo é calculada com base no total de unidades consumidas ao longo de dois anos (2012 e 2013). Na Tabela 4.1 apresentam-se os dados relativos ao número de SKU's e consumo total por grupo de artigos e os resultados relativos à percentagem acumulada de artigo e consumo por código do SKU.

Tabela 4.1- Classificação ABC Detalhada para Artigos G1, G2 e G3

	G1			G2			G3		
SKU's	275			137			693		
Consumo Total	17 172			95 033			51 862		
	Código do SKU	SKU	Consumo	Código do SKU	SKU	Consumo	Código do SKU	SKU	Consumo
		(%acumulada)			(%acumulada)			(%acumulada)	
	G1.1	0,36	7,50	G2.1	0,73	23,59	G3.1	0,14	11,34
	G1.2	0,71	14,69	G2.2	1,46	33,72	G3.2	0,29	17,69
	G1.3	1,07	19,99	G2.3	2,19	40,47	G3.3	0,43	22,94

	G1.275	100	100	G2.137	100	100	G3.693	100	100

Os resultados apresentados na Tabela 4.1 demonstram que no caso do grupo de artigos G1 apenas 3 SKU's representam cerca de 20% do consumo, mas no caso do

grupo G2 a proporção de consumo por SKU é superior à anterior, onde 3 SKU's representam cerca de 40% do consumo, por último o grupo G3 onde apenas 3 SKU's representativos de 0,43% dos produtos representam cerca de 23% do consumo. Conclui-se assim que no caso do grupo G2 os SKU's mais consumidos, G2.1 e G2.2, têm individualmente um consumo superior a 10%, mais elevado do que nos outros grupos.

Para facilitar a interpretação dos resultados acima descritos, apresenta-se na Figura 4.1 a representação gráfica do número total de SKU em função do consumo total de cada grupo de artigos.

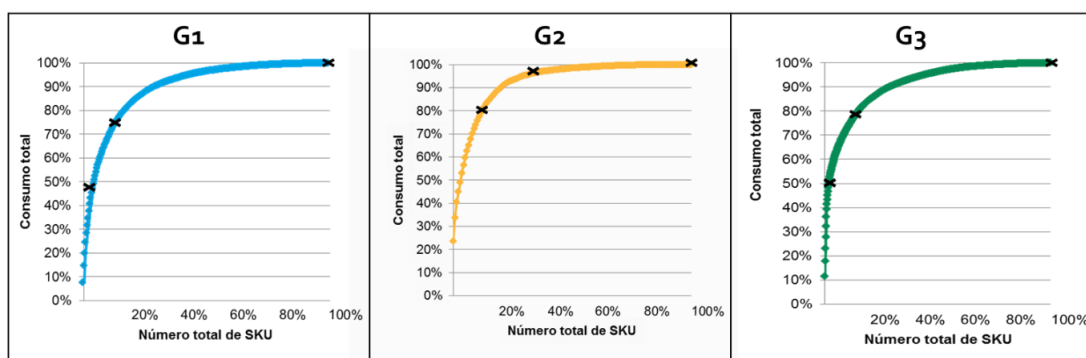


Figura 4.1- Representação Gráfica da Classificação ABC dos artigos G1, G2 e G3: Consumo total em função do Nº Total de SKU's (%)

Na Figura 4.1, surge uma abordagem gráfica dos resultados apresentados na Tabela 4.1. No gráfico G2 é possível visualizar a superior percentagem de consumo (cerca de 20%) associada ao primeiro SKU, relativamente a G1 e G3.

Depois da análise quantitativa e gráfica definiu-se quais os artigos pertencentes a cada classe. Essa classificação está assinalada nos gráficos da Figura 4.1 através de uma cruz que corresponde à mudança de classe A, B, e C, respectivamente, em cada um dos grupos de artigos G1, G2 e G3. Atribuindo-se assim aos SKU's contidos na classe A o modelo de revisão contínua, e às duas classes restantes o modelo de revisão periódica, como se pode verificar na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Modelo de Revisão Atribuído por Classe dos Artigos G1, G2 e G3

Classe	G1		G2		G3		Modelo de Revisão
	SKU's	Consumo	SKU's	Consumo	SKU's	Consumo	
A	13	49,25%	21	83,98%	12	48,30%	Contínua
B	26	26,26%	41	13,95%	86	30,61%	Periódica
C	236	24,49%	75	2,07%	595	21,09%	Periódica
	275	100%	137	100%	693	100%	

Com os resultados demonstrados na Tabela 4.2 é possível constatar o que se observa na Figura 4.2. O número de SKU's atribuídos a classe A é superior na categoria G2 com

21 SKU's, de seguida a categoria G2 com 13 SKU's e, por fim, a categoria G3 com 12 SKU's. Todos estes artigos referidos serão, pelas suas características, sujeitos a uma revisão contínua. Aos restantes artigos agrupados na classe B e C será aplicado um modelo de revisão periódica pela inferior importância que representam para a empresa.

A classificação ABC é de toda a importância quando existem conjuntos numerosos de artigos e se pretende conhecer a sua criticidade segundo um determinado critério, que neste caso é apenas o consumo. Pode verificar-se que para diferentes tipos de artigos a criticidade dos artigos mais consumidos é variável.

4.3 *Análise e Classificação da Procura*

Na secção 2.3.4 foram analisados os gráficos de consumo mensal dos artigos do tipo G1 (Figura 2.11), G2 (Figura 2.14) e G3 (Figura 2.15) ao longo dos anos 2012 e 2013, de forma a complementar a caracterização dos respectivos grupos. No presente capítulo analisar-se-á a procura agregada e individual, procedendo à sua classificação.

4.3.1 *Análise da Estatística Descritiva da Procura*

A análise global da procura de um tipo de artigos é relevante para se ter uma ordem de valor para determinados parâmetros como a dimensão da procura, procura por período e custo. Na Tabela 4.3 apresenta-se a estatística descritiva do conjunto de artigos G1 que possui 275 SKU's, onde a Dimensão da Procura representa o valor da procura quando não nula, enquanto a Procura inclui todos os valores observados durante o período de consumo, neste caso o mês. O custo apresenta não só o custo de aquisição destes artigos como também o de reparação, mais relevante para a análise dos artigos G1.

Tabela 4.3 – Estatística Descritiva dos Artigos G1

	Dimensão da Procura (unidades/mês)*		Procura (unidades/mês)		Custo (€/unidades)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Aquisição	Reparação
Média	7,27	4,30	2,44	8,10	895,00	123,59
Mínimo	1		0		0,50	5,21
Máximo	187		187		22500,00	2120,00

*unidades consumidas por mês de procura não nula

Na Tabela 4.3, apresentam-se três variáveis segundo quatro parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, mínimo e máximo). Pode observar-se que a média da dimensão da procura é superior à média da procura, isto deve-se ao facto de existirem vários períodos com procura nula o que reduz consideravelmente a média da procura.

A estatística descritiva da procura dos artigos do tipo G2 e G3 com 137 e 693 SKU's, respectivamente, encontra-se representada na Tabela 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4 - Estatística Descritiva dos Artigos G2

	Dimensão da Procura (uni/mês)*		Procura (uni/mês)		Custo de Aquisição (€/uni)
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
Média	76,86	73,3	29,15	156,45	355,72
Mínimo	1		0		0,01
Máximo	3500		3500		360,00

*unidades consumidas por mês de procura não nula

Tabela 4.5 - Estatística Descritiva dos Artigos G3

	Dimensão da Procura (uni/mês)*		Procura (uni/mês)		Custo de Aquisição (€/uni)
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
Média	22,03	15,1	2,99	38,52	22,03
Mínimo	1		0		0,01
Máximo	2040		2040		22920,74

*unidades consumidas por mês de procura não nula

Procedendo a uma análise comparativa de todos os conjuntos de artigos através das Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 pode observar-se que os artigos G1 apresentam um custo médio de aquisição superior aos artigos G2 e G3, por esta razão os artigos G1 consideram-se de maior importância segundo o critério de custo de aquisição. Contudo, o valor máximo de custo de aquisição surge nos artigos G3.

Em relação à procura, o conjunto de artigos que apresenta maior variação é G2, seguida de G3 e G1, devido ao valor de desvio em relação à média da procura. Por isso, os artigos do tipo reparável- G1- são os que apresentam um consumo médio e variabilidade da procura inferior. Também pode ser concluído que os artigos G3 apresentam mais períodos de procura nula, porque é neste grupo que se observa a maior diferença entre o valor médio da dimensão da procura e valor médio da procura.

4.3.2 Análise da Procura Mensal

Para avaliar a procura de determinados artigos de um modo mais detalhado foi feita a representação do seu consumo durante o período de tempo para que se possui informação. Contudo, seria demasiado dispendioso realizar esta análise a todos os artigos dos diferentes grupos de artigos G1, G2 e G3. Assim, através da classificação e análise comparativa à procura dos vários grupos de artigos realizada na secção 4.3.1 escolheu-se um grupo de maior relevância para a implementação do modelo de gestão de *stocks* nesta dissertação. Esse grupo é o G1 porque apresenta um custo médio de aquisição superior aos restantes, e como demonstrado no subcapítulo 4.2 a percentagem de consumo por classe é consideravelmente maior que nos restantes grupos de artigos.

O conjunto de artigos G1 tem uma grande importância na PLP devido a uma operação em particular, a reparação, que ocupa o respectivo centro e que implica muita capacidade logística. No caso da implementação de uma política de gestão para estes artigos a quantidade económica não será de encomenda, mas sim de reparação.

Os artigos selecionados para análise do consumo mensal distinguem-se em artigos de reparação interna e de reparação externa, representados nos gráficos em tons de azul e cinzento, respectivamente.

O primeiro artigo analisado é o equipamento com maior procura de entre os artigos G1. Trata-se de uma câmara instalada nas praças de portagem desde o ano de 2006, cuja utilização é proporcional à taxa de utilização da via em questão. A sua reparação não pode ser realizada no centro de reparações, por isso é enviado para reparação externa em lotes de 10 ou mais unidades. O consumo deste equipamento, dado pelas transferências de saída do armazém para o exterior (viaturas e contentores), encontra-se representado na Figura 4.2

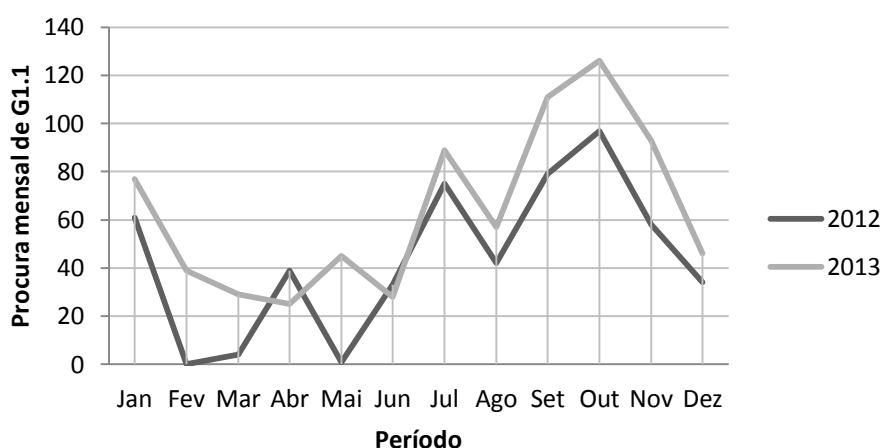


Figura 4.2 – Procura Mensal de G1.1 em 2012 e 2013

Na análise da procura deste artigo denota-se sazonalidade anual com tendência positiva. É possível observar, na Figura 4.2, que a procura é crescente ao longo do ano, atingindo o seu pico no mês de Outubro, mês este em que deram saída do armazém cerca de 100 unidades.

O artigo que se analisa de seguida, o G1.2, é uma montagem, ou seja, um conjunto de componentes que dá origem a um equipamento final cuja finalidade é, neste caso, distribuir títulos, isto é, o equipamento gera um título para o condutor que transitar numa via comum de portagem. A reparação deste artigo é realizada internamente. Na Figura 4.3 pode observar-se a evolução do consumo de G1.2, o segundo artigo com maior procura entre os G1.

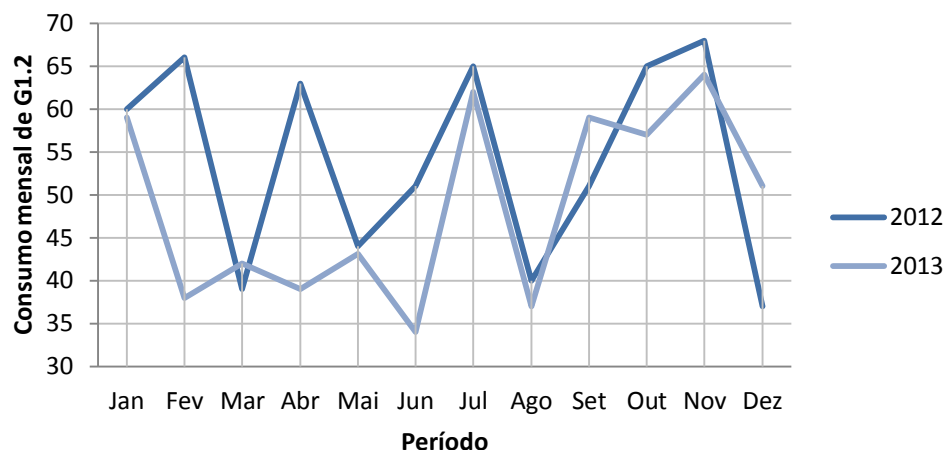


Figura 4.3 - Procura Mensal de G1.2 em 2012 e 2013

A análise da procura por G1.2 entre o ano de 2012 e 2013 revela sazonalidade anual mas não apresenta tendência de consumo. Pelo que se conhece deste equipamento seria de esperar uma relação positiva entre os períodos de maior pluviosidade conjugada com vento, e o aumento da procura em armazém por este artigo, devido ao aumento de anomalias que ocorrem nestas condições atmosféricas. O que acontece, por observação do gráfico é que a sazonalidade existente é num período de baixa probabilidade de ocorrência de precipitação. Através dos dados de pluviosidade, apresentados sob a forma gráfica no Anexo C, foi representada a evolução dos valores de consumo e de precipitação no período de Agosto de 2012 a Julho de 2013, Figura 4.4.

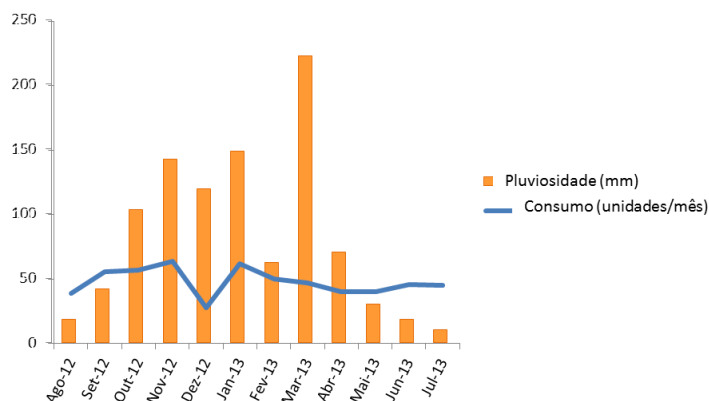


Figura 4.4 – Pluviosidade e Procura Mensal de G1.2 entre Agosto de 2012 e Julho de 2013

A pluviosidade ocorreu sobretudo entre Novembro de 2012 e Março de 2013. Este período de maior precipitação não comprova nenhum dos picos de procura. Os valores da procura apresentados na Figura 4.3 e 4.4 são relativos a saídas de armazém para contentores e viaturas de intervenção, por isso esta procura não está, apenas, relacionada com as necessidades das viaturas quando ocorrem estas anomalias, mas também com as necessidades nos contentores. Também é relevante o desfasamento temporal entre a necessidade real de reparação, devida às condições atmosféricas, e a saída efetiva do artigo para o seu destino.

O artigo G1.19 é um moedeiro disponível nos sistemas de pagamento automático existentes nas portagens e a sua reparação é realizada internamente. A Figura 4.4 apresenta o consumo mensal deste equipamento nos anos 2012 e 2013.

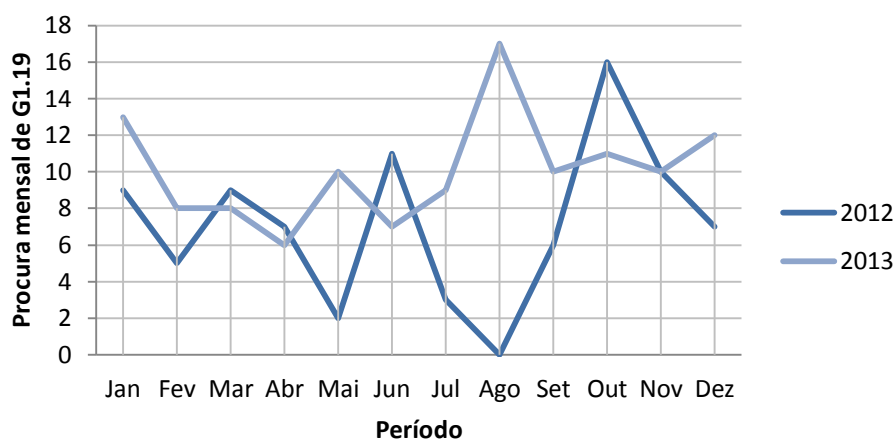


Figura 4.5 - Procura Mensal de G1.19 em 2012 e 2013

Este é um artigo que, como se pode observar pela Figura 4.5, não apresenta sazonalidade nem tendência. Pode observar-se uma grande variabilidade nos períodos homólogos dos 2 anos, com o pico de procura ocorra entre Agosto e Novembro.

O artigo G1.42 é um carregador de baterias presente no Painel de Mensagens Variáveis (PMV), cuja reparação é realizada externamente. A Figura 4.6 apresenta a evolução da procura do artigo nos anos de 2012 e 2013.



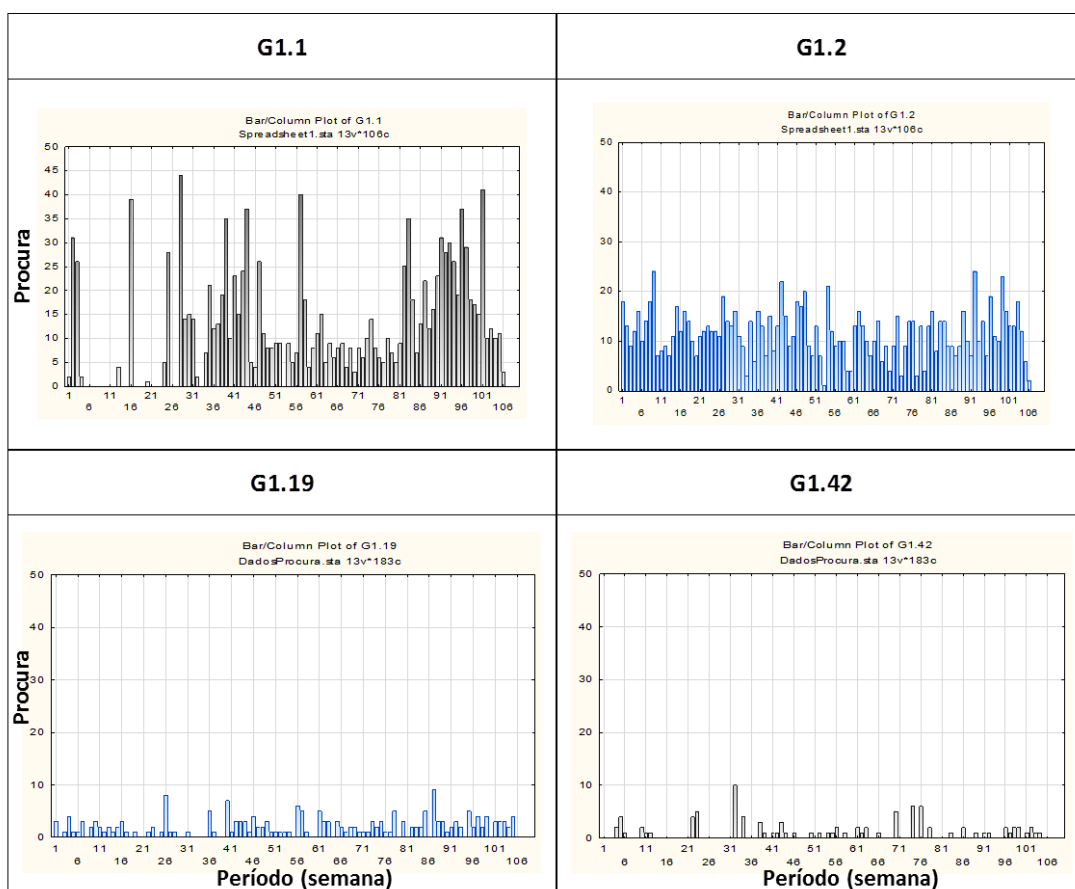
Figura 4.6 - Procura Mensal de G1.42 em 2012 e 2013

Na Figura 4.6 pode observar-se que não existe sazonalidade nem tendência de consumo, e que a procura apresenta grande variabilidade ao longo do ano mas nos períodos homólogos dos anos 2012 e 2013 a variação não é significativa (entre 1 e 5 unidades), excepto no mês de Agosto.

Uma possível explicação para o pico da procura, em Agosto de 2012, pode ser devido ao facto de no período anterior não se ter verificado qualquer saída de armazém devido a rutura de *stock*, acumulando-se desta forma necessidades que são satisfeitas no mês seguinte.

No final da análise à procura mensal dos artigos G1 seleccionados, considerou-se importante realizar uma nova análise à evolução do consumo numa unidade temporal de menor agregação de dados.

Tabela 4.6 – Evolução da Procura Semanal durante 2012 e 2013



Na PLP o planeamento de reparação interna é realizado à semana e, por isso, esta é a unidade de tempo seleccionada para gerar as representações gráficas da evolução do consumo dos artigos G1.1, G1.2, G1.19 e G1.42 ao longo de dois anos apresentadas na Tabela 4.6.

A análise da Tabela 4.6 permite avaliar qualitativamente variáveis como a variabilidade da procura e intervalo médio de entre consumos, e quantitativamente a evolução da procura observada à semana durante dois anos. Desta forma, a observação dos

gráficos permite uma estimativa da classificação da procura de cada um dos artigos, por comparação com a Figura 3.4.

Assim, estima-se que o artigo G1.42 com variabilidade da procura e intervalo médio de entre consumos superior apresenta um procura *lumpy* ou irregular, devido maior variabilidade de valores de procura e maior dimensão dos intervalos médios de tempo entre consumos. Por outro lado, o artigo G1.2 apresenta menor CV^2 e menor ADI por isso será de esperar que esta procura se classifique como *slow moving* ou baixa rotação.

4.3.2.1 Ajuste da Distribuição da Procura a uma Distribuição Estatística

Para determinar o ajuste de uma distribuição estatística aos dados utilizou-se um Teste de Hipóteses. Este teste foi realizado através do *software* Statistica que gera representações gráficas de ajuste a determinadas distribuições estatísticas através do Teste Chi-Quadrado e do teste Kolmogorov Smirnov. Com o Teste de Hipóteses Chi-Quadrado será possível identificar a que distribuição estatística se aproxima a evolução da procura de determinado artigo, contudo nem sempre este teste revela a melhor resposta motivo pelo qual se utiliza também o Teste Kolmogorov Smirnov. Para se identificar que distribuição estatística melhor se adapta à distribuição da procura criou-se um teste que consiste em duas hipóteses, uma verdadeira e outra falsa.

Assim, o output do Statistica obtido através da opção *Distribution Fitting* atribui por cada distribuição estatística os parâmetros de Chi-Quadrado:

χ^2 (valor de Chi – Quadrado)

df (degrees of freedom – graus de liberdade)

Quando o p -value é inferior a α (nível de significância), a hipótese nula é rejeitada.

O Teste de Hipóteses que se define de seguida é para o primeiro artigo testado com uma distribuição Normal com um intervalo de confiança de 95%.

H_0 : A procura de G1.1 aproxima-se a uma distribuição Normal

H_1 : A procura de G1.1 não se aproxima a uma distribuição Normal

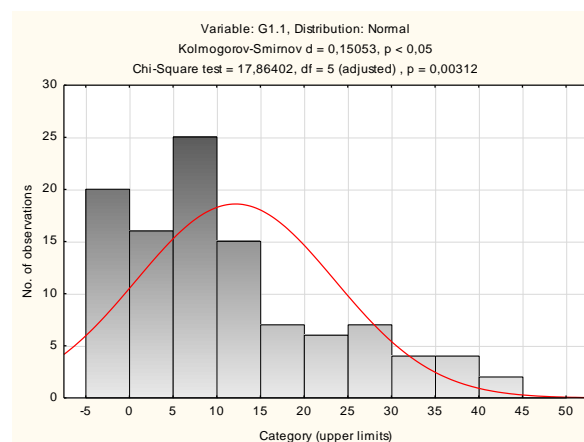


Figura 4.7- *Distribution Fitting* para Distribuição Normal de G1.1

A Figura 4.7 apresenta a representação gráfica do histograma da procura de G1.1, e a curva esperada de uma Distribuição Normal. Como se pode verificar na informação apresentada na Figura 4.7, o p -value obtido no Teste Chi-Quadrado (p -value=0,003) é inferior ao nível de significância (0,05) e, por isso, rejeita-se a hipótese nula. Pelo que se pode concluir que a distribuição da procura de G1.1 não segue uma Distribuição Normal.

Procede-se então ao Teste de Hipóteses, desta vez para a Distribuição Exponencial.

H_0 : A procura de G1.1 aproxima-se a uma distribuição Exponencial

H_1 : A procura de G1.1 não se aproxima a uma distribuição Exponencial

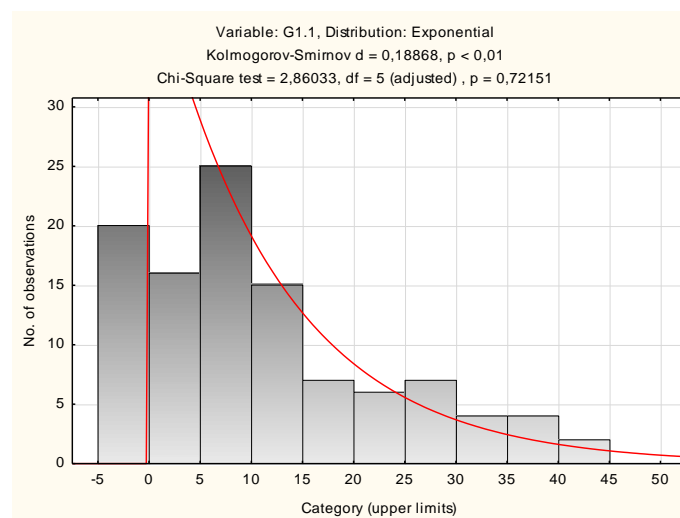


Figura 4.8 - Distribution Fitting para Distribuição Exponencial de G1.1

Através da Figura 4.8, pode consultar-se o resultado do Teste Chi Quadrado pelo que a distribuição da procura de G1.1 se aproxima de uma Distribuição Exponencial, visto que o p -value com valor 0,72 é superior ao nível de significância de 0,05 e por essa razão não se rejeita a hipótese nula.

De seguida, analisa-se a distribuição da procura de G1.2 através de um teste de hipóteses onde a hipótese nula afirma a sua aderência a uma distribuição normal. O teste de hipóteses e o resultado gráfico obtido apresentam-se abaixo.

H_0 : A distribuição da procura de G1.2 aproxima-se a uma distribuição Normal

H_1 : A distribuição da procura de G1.2 não se aproxima a uma distribuição Normal

O *output* apresentado na Figura 4.9 mostra que o valor de p -value (0,078) é superior ao nível de significância, pelo que se pode concluir que a hipótese nula não é rejeitada, ou seja, a procura de G1.2 aproxima-se a uma distribuição Normal. A atribuição da distribuição Normal a esta procura seria de esperar uma vez que se trata de uma distribuição contínua, característica esta subentendida pela observação do gráfico do artigo G1.2 da Tabela 4.7 onde se concluiu que CV^2 e ADI eram reduzidos.

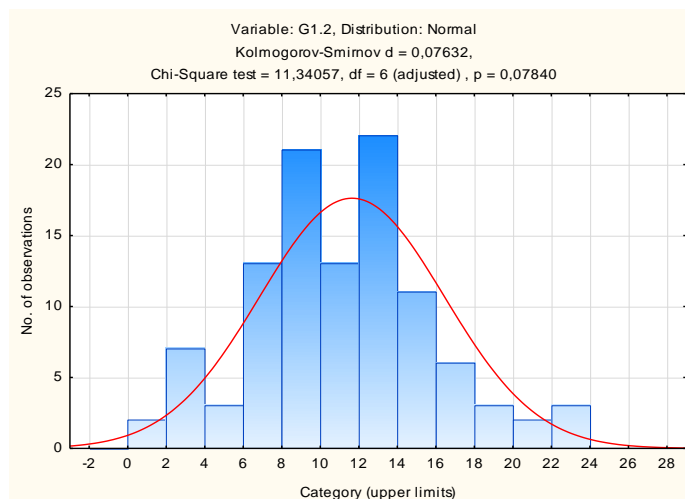


Figura 4.9 - Distribution Fitting para Distribuição Normal de G1.2

Passando à análise do artigo G1.19, o primeiro teste de hipóteses realizado para a aderência a uma distribuição normal foi rejeitado, o que implicou o teste a outra distribuição, neste caso a distribuição exponencial. O teste de hipóteses e os resultados apresentam-se de seguida.

H_0 : A procura de G1.19 aproxima-se a uma distribuição Exponencial

H_1 : A procura de G1.19 não se aproxima a uma distribuição Exponencial

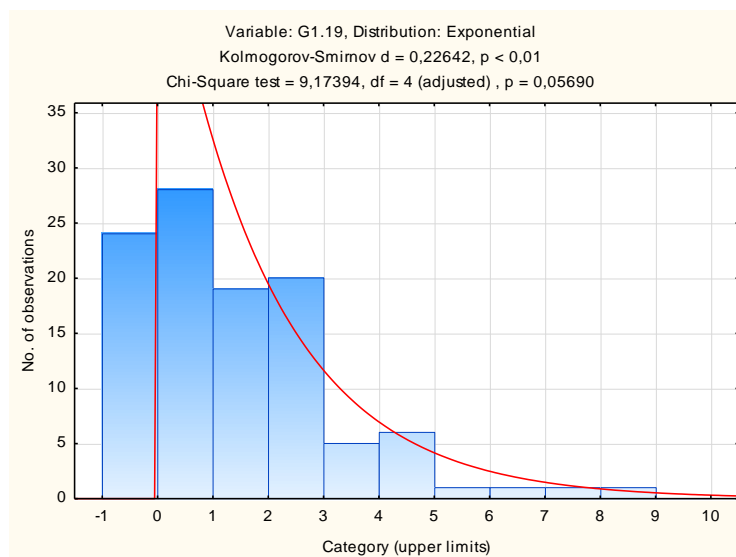


Figura 4.10 - Distribution Fitting para Distribuição Exponencial de G1.19

Como se pode observar pelos dados da Figura 4.10, não se rejeita a hipótese nula, uma vez que o *p-value* (0,057) é superior ao nível de significância (0,05). Logo, G1.19 apresenta uma procura aproximada à distribuição Exponencial.

Por fim, na análise do artigo G1.42 foram realizados vários testes de hipóteses até encontrar a distribuição estatística que melhor se adapta a esta distribuição da procura até se chegar à distribuição Chi-Quadrado, para a qual se realizou o respectivo teste de hipóteses e gerou o *output* do Statistica necessário.

H_0 : A procura de G1.42 aproxima-se a uma distribuição Chi-Quadrado

H_1 : A procura de G1.42 não se aproxima a uma distribuição Chi-Quadrado

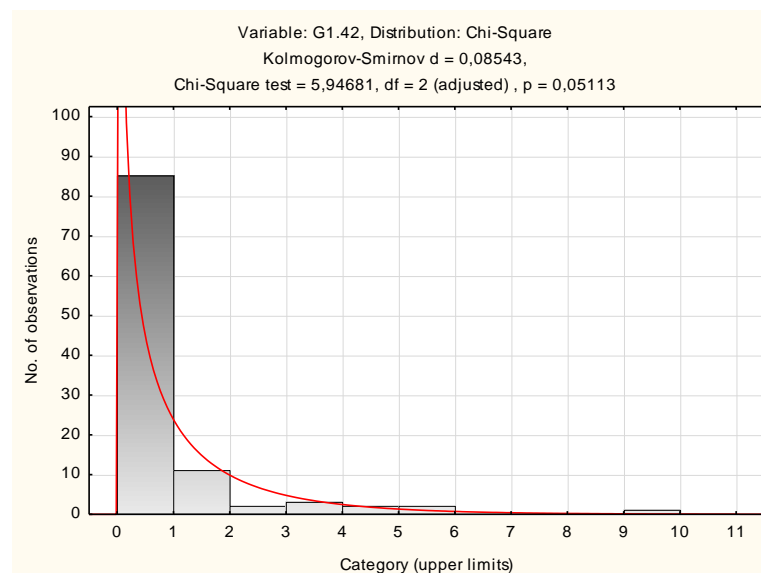


Figura 4.11 - Distribution Fitting para Distribuição Chi-Quadrado de G1.42

Como se pode verificar na Figura 4.11 o *p-value* obtido tem o valor de 0,051 que é superior ao nível de significância de 0,05, por isso, não se rejeita a hipótese nula e por consequência valida-se a aproximação que existe entre a procura de G1.42 e a distribuição Chi-Quadrado, com um intervalo de confiança de 95%.

A classe C representa a maior percentagem de SKU's, por isso interessa saber se esta classe representada até ao momento pelo artigo G1.42 apresenta, ou não, regularmente esta distribuição estatística (distribuição Chi-Quadrado).

No caso do artigo G1.58 a hipótese nula não foi rejeitada pelo teste Kolmogorov-Smirnov para duas distribuições estatística, contudo, uma delas obteve melhor valor de aderência. Na Figura 4.12 apresenta-se o gráfico de melhor ajustamento da procura à distribuição Chi-Quadrado.

H_0 : A distribuição da procura de G1.58 aproxima-se a uma distribuição chi-quadrado

H_1 : A distribuição da procura de G1.58 não se aproxima a uma distribuição chi-quadrado

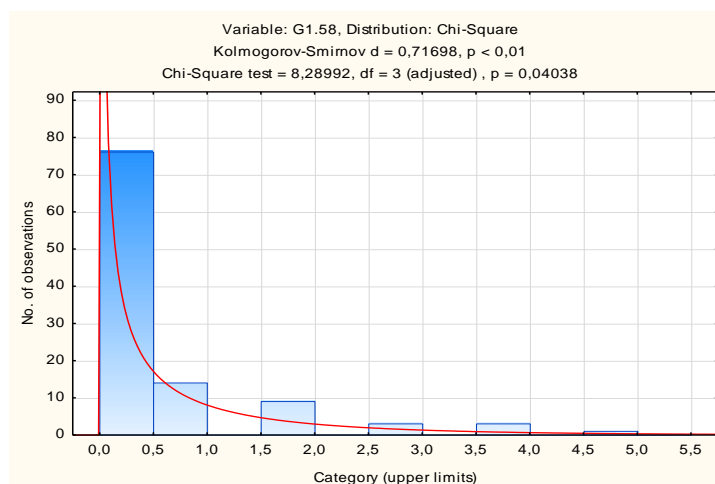


Figura 4.12- Distribution Fitting para Distribuição Chi-Quadrado de G1.58

Na Figura 4.12 é possível perceber que pelo teste de Chi-Quadrado o ajustamento a esta distribuição foi rejeitado, contudo para o teste Kolmogorov Smirnov o valor de aderência é favorável ao ajustamento à distribuição Chi-Quadrado.

Em relação ao artigo G1.67, também se realizaram vários testes de hipóteses mas apenas uma distribuição se conseguiu classificar e apenas por um dos testes de aderência. Seguem-se o teste de hipóteses e o output gráfico na Figura.

H_0 : A procura de G1.67 aproxima-se a uma distribuição chi-quadrado

H_1 : A procura de G1.67 não se aproxima a uma distribuição chi-quadrado

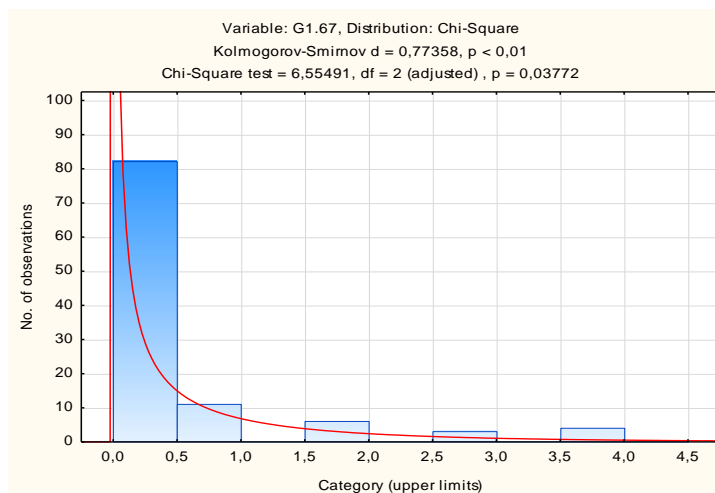


Figura 4.13 - Distribution Fitting para Distribuição Chi-Quadrado de G1.67

Mais uma vez, observa-se que a distribuição Chi-Quadrado é adequada para a procura de um destes artigos. Na Figura 4.13, comprova-se pelo Teste Kolmogorov-Smirnov que a procura de G1.67 se aproxima a uma distribuição Chi-Quadrado.

O ajustamento de uma distribuição Normal à procura destes artigos, classificados como peças de reposição, não é recorrente pelo que apenas se detetou um artigo com esta distribuição estatística.

Os últimos artigos analisados para o ajustamento a uma distribuição estatística obtiveram a distribuição Chi-Quadrado como resposta, independentemente do tipo de reparação que o caracteriza. Por isso, pode concluir-se que entre os artigos de menor consumo existe uma tendência para que a distribuição seja entre Exponencial e Chi-Quadrado.

4.3.3 Classificação da Procura

A classificação da procura possibilitará uma melhor escolha de um modelo de gestão de *stocks*, uma vez que estes estão normalmente associados a determinados padrões de procura. Nesta secção classifica-se a procura segundo três métodos revistos no capítulo 3: Syntetos (2005), (Bošnjakovic, 2010), e (Heuts, Strijbosch, & Van der Schoot, 1999).

A classificação de Syntetos (2005) assenta na variabilidade da procura (CV^2 - *quadratic coefficient of variance*) e no intervalo médio entre consumos (ADI - *average inter-demand interval*), analisados de forma qualitativa na Tabela 4.6 onde por comparação com a Figura 3.3 se classificaram alguns artigos, o que nesta secção se fará de forma quantitativa. Para obter o ADI através do consumo semanal recorreu-se à funcionalidade *Visual Basic* do Excel onde se programou um código disponível no Anexo C. Na realização desta classificação respeitar-se-á a unidade temporal de cada tipo de artigo. No caso dos artigos do tipo G1, a agregação inicial dos dados foi realizada à semana, devido ao planeamento interno necessário para as respectivas reparações que caracterizam estes artigos. Para escolher quais os artigos com relevância para a análise realizaram-se algumas representações gráficas relativas à classificação da procura através de CV^2 em função de ADI e respectiva tabela de valores, disponíveis para consulta no Anexo C.

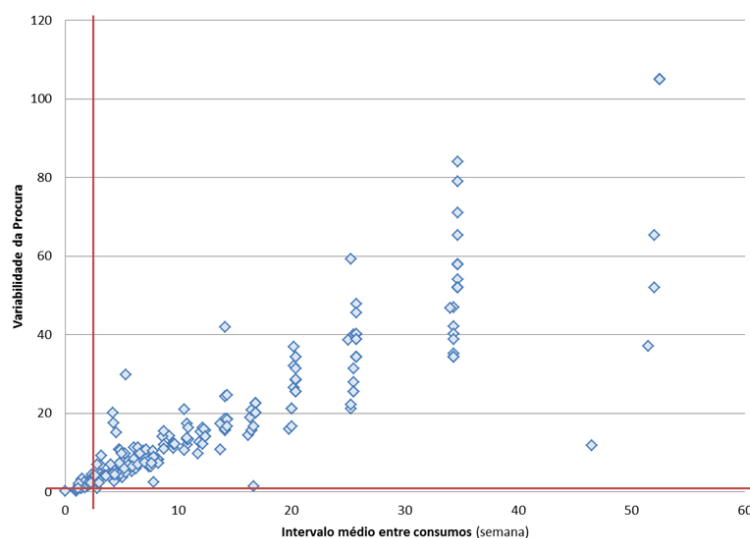


Figura 4.14 - Variabilidade da Procura em função do Intervalo Médio entre Consumos dos Artigos G1

Visto a escala de valores da Figura 4.14 ser tão ampla, decidiu-se fazer uma aproximação para uma gama de valores mais baixa tendo em conta o que representam as duas variáveis. Como o ADI é medido à semana considerou-se que a partir das 20 semanas a classificação seria claramente entre o irregular e intermitente, para valores da variabilidade da procura superior a 6 a procura classifica-se entre errática e irregular. Encontrada a escala de valores onde se situa a zona de transição procedeu-se à determinação da mesma, ou seja, dos valores *cutt-off*. Os valores teóricos utilizados são $CV^2 = 0,49$ e $ADI = 5,28$, devido à conversão da unidade mês para semana.

Na Figura 4.15 apresentam-se os artigos mais próximos da zona de transição entre classes, para que assim fosse possível distinguir que artigos se enquadram em que classe da procura.

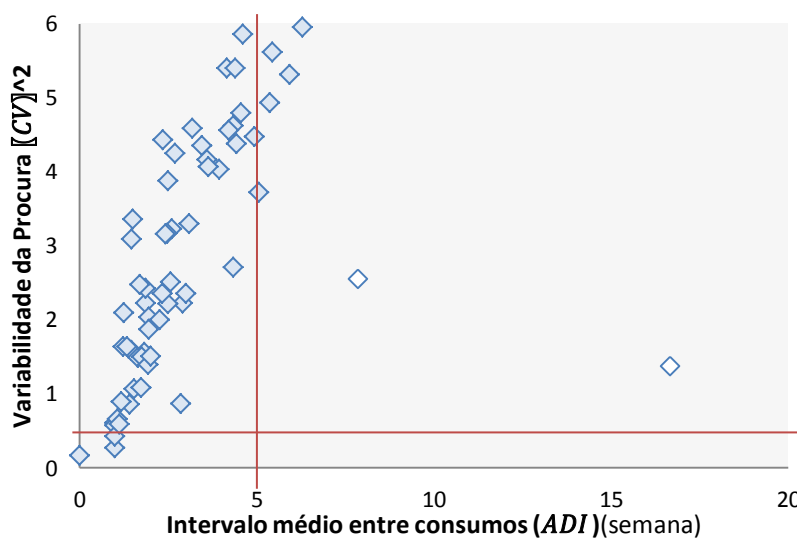


Figura 4.15- Variabilidade da Procura em Função do Intervalo Médio entre Consumos dos Artigos G1 (aproximação aos valores de *cut-off*)

Na Figura 4.15 as rectas traçadas em $ADI = 5,28$ e $CV^2 = 0,49$ representam os valores *cut-off* que delimitam as 4 zonas do gráfico correspondentes às diferentes categorias de procura. Como se pode verificar nesta seleção, nenhum dos artigos se classificou para a procura do tipo intermitente. Apesar disso no Anexo CB é possível identificar os dois artigos que se comportam de forma atípica e que estão também representados na Figura 4.15 a branco. Identificar o que os torna atípicos, foi esse o motivo da análise das respectivas distribuições da procura. Com a colaboração da gestão logística da PLP foram verificadas as distribuições da procura dos artigos G1.16 e G1.36 donde se concluiu que estes artigos foram implementados no último ano do período em análise. Por essa razão, estes artigos classificam-se como *outliers*.

Na Tabela 4.7 pode observar-se uma seleção de 10 artigos com a respectiva classificação bem definida.

Tabela 4.7 – Classificação da Procura de Artigos G1 selecionados

Código do SKU	Reparação	Classe	Distribuição Estatística	Classificação da Procura		
				Tipo de Procura	Taxa de Rotação	Componentes da Procura
				Syntetos & Boylan, 2005	Bošnjakovic, 2010	Heuts, Strijbosch, & Van der Schoot, 1999
G1.1	Externa	A	Exponencial	Errática	Alta	Sazonal e com tendência positiva
G1.2	Interna	A	Normal	Suave	Alta	Sazonal e sem tendência
G1.4	Interna	A	Normal	Suave	Alta	Sazonal e com tendência positiva
G1.10	Interna	A	Chi-Quadrado	Suave	Alta	Sazonal e sem tendência
G1.15	Interna	B	Gamma	Errática	Média	Sem sazonalidade e com tendência negativa
G1.19	Interna	B	Exponencial	Errática	Média	Sem sazonalidade e sem tendência
G1.26	Interna	B	Chi-Quadrado	Irregular	Média	Sem sazonalidade e sem tendência
G1.42	Externa	C	Chi-Quadrado	Errática	Baixa	Sem sazonalidade e sem tendência
G1.58	Interna	C	Chi-Quadrado	Irregular	Baixa	Sem sazonalidade e sem tendência
G1.67	Interna	C	Chi-Quadrado	Irregular	Baixa	Sem sazonalidade e sem tendência

Como se pode verificar pela análise da Tabela 4.7, selecionaram-se vários artigos correspondentes a cada uma das classes (A, B ou C).

Em relação à distribuição estatística que se ajusta a cada um dos artigos, conclui-se que existe uma predominância de artigos cuja procura segue uma distribuição Chi-Quadrado. Apenas a procura de dois artigos de classe A se adequa à distribuição Normal, o que revela que a procura dos mesmos apresenta alguma continuidade.

Quanto à classificação da procura segundo o seu tipo (Syntetos & Boylan, 2005) é possível observar que a procura suave se relaciona com a classe de maior consumo (A), o que seria de esperar visto serem os artigos mais consumidos e, por isso, saem mais frequentemente de armazém e com menor variabilidade da sua procura. A procura

irregular associa-se a classes de consumo inferior (B e C). Como a classe C contém a maior percentagem dos artigos (241 em 275 unidades) leva a que a maioria seja de procura irregular, como se pode observar na figura 4.14. Para os artigos G1 não se verificaram a existência de procura intermitente, como seria de esperar para este tipo de artigos (peças de reposição).

Em relação à taxa de rotação (Bošnjakovic, 2010) esta é diretamente relacionada com a sua classe (A, B ou C), uma vez que as classes atribuídas tiveram apenas em consideração o critério de consumo. Assim, os artigos que pertencem à classe A são classificados em alta rotação, os de classe B são de média rotação, porque ainda assim são artigos com procura superior a uma unidade por semana, e os de classe C são de baixa rotação. Quanto às componentes da procura (Heuts, Strijbosch, & Van der Schoot, 1999) verifica-se que a ocorrência de sazonalidade e tendência se associa a artigos de classe A, enquanto a não existência de sazonalidade se verifica para os artigos de classe B e C.

Pode concluir-se que não existe uma relação óbvia entre o tipo de reparação realizado aos artigos (interna ou externa) e a classificação da sua procura. Contudo existe uma relação entre a classe do artigo (A, B ou C) e qualquer um dos modelos de classificação da procura utilizados.

Em relação a tipo de classificação atribuída a peças de reposição na literatura, seria de esperar que a procura fosse sobretudo intermitente (Syntetos, Babai & Altay, 2012), o que não acontece de todo. Segundo outros autores (Porras & Dekker, 2008), a procura deste tipo de artigos é de baixa rotação, altamente variável e errática, o que é possível verificar pela Tabela 4.7 com a presença de vários artigos com baixa rotação e classificação entre errática e irregular, logo uma procura altamente variável.

Após a caracterização dos artigos selecionados na Tabela 4.7 pode agora escolher-se os artigos representativos de cada um dos grupos de classificação (A, B e C) para implementar um modelo de gestão de *stocks* adequado às suas características.

4.4 Política de Gestão de Stocks a implementar

Depois de escolhidos e devidamente estudados os artigos quanto à distribuição estatística e classificação da procura segundo três modelos, pode-se agora proceder à implementação do modelo de gestão de *stocks* adequado para cada um dos artigos.

4.4.1 Revisão Contínua

Os artigos G1 sujeitos a revisão contínua são os que se classificaram na classe A segundo a lei de Pareto. Nesta secção proceder-se-á à implementação da política de gestão de *stocks* mais adequada à revisão contínua dos artigos destacados para essa revisão. O artigo G1 selecionado para a implementação deste modelo, G1.2, é o representante dos restantes artigos da classe A que apresentam distribuições estatísticas e classificações da procura comuns.

Do conjunto de treze artigos propostos para serem revistos segundo uma revisão contínua (Tabela 4.2) apenas três (G1.2; G1.4 e G1.10) apresentam uma procura suave e que se aproximam à distribuição Normal e Chi-Quadrado. Por essa razão, estes 3 artigos apresentam condições para a implementação do modelo de revisão contínua. Os restantes 10 artigos apresentam uma procura do tipo errática o que carece de alguma atenção especial.

Os parâmetros chave do modelo de revisão contínua são: s e Q^* . Assim, aplicando as equações (3) a (7) obtiveram-se os seguintes resultados para os parâmetros do modelo. O nível de serviço pretendido é de 95%. Na Tabela 4.8 apresentam-se dados sobre os artigos a modelar, no Anexo D está descrito o método de cálculo.

Tabela 4.8 – Dados para Implementação do Modelo de Gestão de Stocks

	C_a (€/encomenda)	$I_{semanal}$ (%)	k (95%)
Reparação Interna	0,8	0,38	1,64
Reparação Externa	19		

O cálculo dos parâmetros do modelo de revisão contínua será demonstrado para o artigo G1.2 com reparação interna fornecendo primeiro os dados necessários na Tabela 4.9. Os dados relativos a este modelo podem ser consultados com maior detalhe no Anexo D.

Tabela 4.9 – Varáveis relativos a G1.2

Código do SKU	μ_D (uni/sem)*	μ_{D_L} (uni/sem)	σ_{D_L} (uni/sem)	c_{rep} (€/reparação)	c (€/unidade)
G1.2	11,65	3,06	2,55	54,92	1934,58

*(unidades/semana)

Os dados da Tabela 4.9 utilizam-se para o cálculo dos parâmetros do modelo de revisão contínua de G1.2 as equações (3), (4) e (5) respectivamente.

$$Q_{seg} = 1,64 \times 2,55 \cong 5 \text{ unidades}$$

$$s = 3,06 + 5 \cong 9 \text{ unidades}$$

$$Q^*_{rep} = \sqrt{\frac{2 \times 11,65 \times 0,8}{0,0038 \times 54,92}} \cong 10 \text{ unidades}$$

Desta forma, sempre que o artigo G1.2 sujeito a revisão contínua atingir o nível de *stock* de 9 unidades é gerado um pedido ao centro de reparações, com o objectivo de que sejam reparadas 10 unidades de G1.2.

Calculados os parâmetros do modelo a aplicar a G1.2 é possível verificar estes e outros resultados obtidos para os diferentes artigos onde se implementou o mesmo modelo. Os respectivos dados detalhados estão no Anexo D. Como referido anteriormente, os artigos encontram-se por ordem decrescente de consumo, ou seja, G1.2 tem consumo superior a G1.4 que por sua vez é mais consumido que G1.10.

Tabela 4.10 – Resultados das Variáveis Obtidas para o Modelo de Revisão Contínua

Código do SKU	Reparação	Q_{seg}	s	Q^*
		(unidades)		
G1.2	Interna	5	9	10
G1.4	Interna	4	6	10
G1.10	Interna	3	5	13

4.4.2 Revisão Periódica

Como descrito anteriormente atribuiu-se o modelo de revisão periódica aos artigos classificados em classe B e C de Pareto, uma vez que representam menor criticidade para a empresa. Estes artigos estão também classificados como tendo procura errática e, sobretudo, irregular com taxa de rotação baixa, ou seja, uma procura bastante reduzida. Motivo pelo qual se estudou a hipótese de uma política de revisão periódica com estas características particulares.

4.4.2.1 Heurística de Naddor

A heurística de Naddor foi analisada com detalhe na secção 3.3.5.1. Sumarizando, é uma política de gestão de *stocks* do tipo (s, S) que consiste na revisão periódica, de T em T períodos de tempo. Caso no momento de revisão o nível de *stock* seja igual ou inferior a s é gerada uma nova encomenda para elevar o nível de *stock* até S . Para este sistema de armazenamento será uma encomenda de reparação, ou seja, será gerado um pedido de reparação a realizar interna ou externamente consoante o artigo revisto.

Em relação aos artigos seleccionados em representação dos restantes para revisão periódica, eles caracterizam-se pela natureza da sua procura ser altamente irregular, com alguns casos de procura errática o que os coloca em condições para a implementação desta heurística.

A implementação desta heurística realiza-se em detalhe para um artigo seleccionado para de seguida proceder-se à verificação de resultados num conjunto de artigos mais alargado, tal como se fez para os artigos sujeitos a revisão contínua.

Na Tabela 4.8 poderão encontrar-se os dados gerais indispensáveis à implementação do modelo. Na Tabela 4.11 apresentam-se os dados relativos ao artigo selecionado para a implementação, o G1.42 que se trata de um artigo reparado externamente.

Tabela 4.11 – Dados de G1.42

Código do SKU	μ_D (uni/sem)	μ_L (semanas)	P(0)	c_{rep} (€/reparação)	c (€/unidade)
G1.42	0,90	4,20	0,585	95,36	524,09

Com os dados apresentados na Tabela 4.12, estão disponíveis as condições para o cálculo das várias variáveis necessárias ao cálculo dos parâmetros desta heurística. O primeiro passo é calcular T, e de seguida $\mu(D_{L+T})$ e $\sigma(D_{L+T})$, cujas fórmulas de cálculo estão disponíveis nas equações (8) a (13).

$$T = \sqrt{\frac{2 \times 19}{0,9 \times 0,0038 \times 95,36}} \cong 11 \text{ semanas}$$

$$\mu(D_{L+T}) = \left(4,20 + \frac{11}{2}\right) 0,9 = 8,60 \approx 9 \text{ unidades}$$

$$\sigma(D_{L+T}) = \sqrt{\left(4,20 + \frac{11}{3}\right) 1,60^2 + \frac{(11 \times 0,90)^2}{12} + \frac{1 - 0,585^{11}}{6}} = 5,34 \approx 6 \text{ unidades}$$

$$S = 8,60 + 2,85 \times 5,34 \cong 24 \text{ unidades}$$

$$s = 8,60 + 2,85 \times 5,34 - 10 \cong 14 \text{ unidades}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 0,90 \times 19}{0,0038 \times 95,36}} \cong 10 \text{ unidades}$$

Todos os dados e cálculos relativos aos restantes artigos poderão ser encontrados no Anexo E. Concluídos os cálculos é de referir que Q serve meramente para a determinação do ponto de encomenda. Assim, em relação ao artigo G1.42 a revisão deve ser realizada aproximadamente de 2 em 2 meses (11 semanas), e caso o nível de stock apurado nessa revisão for igual ou inferior a 14 unidades, deve ser gerada uma encomenda de reparação externa que eleve o nível de stock para 24 unidades (ou seja, uma encomenda com “ 24 - unidades em stock na revisão ” unidades).

Na Tabela 4.12 apresenta-se o resumo dos parâmetros obtidos para um conjunto de artigos, cujos dados se encontram no Anexo E.

Tabela 4.12 – Parâmetros obtidos para a heurística de Naddor

Código do SKU	Reparação	T (semanas)	s (unidades)	S (unidades)
G1.15	Interna	2	8	13
G1.19	Interna	3	5	10
G1.26	Interna	7	25	36
G1.39	Externa	5	52	57
G1.42	Externa	11	13	23
G1.58	Interna	5	3	6
G1.67	Interna	9	4	8

Pela equação (8) conclui-se que o período entre revisões (T) é inversamente proporcional ao consumo, mas diretamente proporcional ao custo de lançamento de um lote de reparação (C_a). Observando a Tabela 4.12 pode verificar-se que G1.39 com um valor superior de $C_{a_{RE}}$ (19€) apresente T inferior a G1.26 que tem $C_{a_{RI}}$ (0,8€).

Implementados os modelos de revisão contínua e periódica a um conjunto de artigos G1 é relevante, neste momento, a análise dos parâmetros obtidos comparando com a informação fornecida pela BIT a Março de 2014 do Nível de *Stock* disponível no armazém X05 da PLP. Por ser um nível de *stock* medido num determinado momento, não se pode concluir em que estágio da revisão se encontrava, logo podem corresponder no máximo ao nível imediatamente após um reabastecimento, ou no mínimo o nível de *stock* após um pico imprevisto na procura.

Na Tabela 4.13 apresentam-se os artigos parametrizados e o respectivo nível de *stock* medido a Março de 2014.

Tabela 4.13- Parâmetros Obtidos na Revisão Contínua

Código do SKU	Revisão Contínua				Nível de Stock a Mar/2014
	Q_{seg}	s	Q	S	
G1.2	5	9	10	19	24
G1.4	4	6	10	16	19
G1.10	3	5	13	18	22

A análise da Tabela 4.13 permite concluir que se obtiveram valores bastante satisfatórios para os artigos seleccionados para a aplicação do modelo de revisão contínua para um nível de serviço de 95%, dado que o nível máximo de *stock* é em

qualquer um dos artigos inferior ao nível de *stock* de Março de 2014. O que significa que para os artigos G1.2, G1.4 e G1.10 os níveis de *stock* poderão ser reduzidos.

Na Tabela 4.14 apresentam-se os parâmetros obtidos com a heurística de Naddor.

Tabela 4.14 – Parâmetros Obtidos na Revisão Periódica: Heurística de Naddor

Código do SKU	Revisão Periódica : Heurística de Naddor			Nível de <i>Stock</i> a Mar/2014
	<i>T</i>	<i>s</i>	<i>S</i>	
G1.15	2	8	13	5
G1.19	3	5	10	24
G1.26	7	25	36	20
G1.39	5	53	57	15
G1.42	11	13	23	8
G1.58	12	5	11	6
G1.67	23	6	16	2

A Tabela 4.14 permite fazer algumas considerações. Em relação ao artigo G1.19 o valor de *S* obtido é inferior ao nível de *stock* registado, por isso será possível reduzir as unidades de artigo em *stock*. No caso dos artigos G1.26 e G1.39 os valores obtidos para o *s* e *S* são consideravelmente elevados, o que se deve à irregularidade da procura destes dois artigos, e também ao facto do artigo G1.39 ter reparação externa e o seu fornecedor de reparação pratica um prazo de entrega de cerca de 8 semanas. Os artigos G1.15, G1.26, G1.39 e G1.42 apresentam pontos de encomenda superiores ao nível de *stock* de Março de 2014, o que permite a futura diminuição da rutura de *stock* destes artigos por aumento do número de unidades disponíveis o que poderá prevenir picos de procura.

4.5 Capacidade do Centro de Reparações

Como referido anteriormente, entre os artigos G1 existem equipamentos e componentes com reparação possível no interior das instalações da PLP. De momento consideram-se 121 artigos com reparação interna que, regra geral, sofrem de anomalias reconhecidas pelos técnicos responsáveis pela reparação, contudo haverá ciclos de determinados artigos dentro deste grupo que sofrem de alguma outra anomalia que não terá resolução possível internamente e por essa mesma razão ter-se-á de recorrer à reparação externa.

4.5.1 Solicitações de Reparação VS Capacidade Laboral Efetiva

Para que fosse possível determinar as quantidades económicas de reparação a gerar dentro do centro de reparações, foi necessário calcular qual a capacidade de reparação que existe nesta instalação.

As variáveis a considerar são o número de técnicos de reparação presentes no centro, o número de horas efetivamente trabalhadas por cada um dos técnicos, o número de SKU's e os tempos médios de reparação por SKU.

Abaixo, a Tabela 4.15 evidencia o tempo de reparação médio unitário dos 121 SKU's sujeitos a reparação interna. A fórmula de cálculo encontra-se no Anexo F.

Tabela 4.15 – Tempo Médio de Reparação por Artigo de Reparação Interna

Tempo de Reparação Unitário (horas)	
Média	Desvio Padrão
1,31	1,06

Este resultado foi obtido através do histórico dos tempos de reparação registados durante o período do ano 2012 e 2013. Com esta amostragem pode concluir-se que os tempos de reparação dos equipamentos são bastante variáveis o que se deve à grande diversidade de equipamentos e também ao facto das reparações serem executadas por vários técnicos que como humanos têm tempos de execução diferente. A obtenção deste resultado é meramente para constatar qual o valor médio do tempo de reparação unitário, com isto sabe-se que a reparação de um determinado equipamento demora em média 1 hora e 19 minutos (1,31 h), muito embora possa apresentar um tempo de 16 minutos ou de 2 horas e 22 minutos (1,31±1,06).

Para efeito do cálculo da capacidade de reparação do centro é necessário confrontar o tempo total disponível para reparações com o tempo total médio despendido em reparações. O tempo total disponível para reparações é resultado do tempo laboral efetivo realizado pelos trabalhadores do centro, como representado na fórmula abaixo.

$$\text{Tempo diário disponível no centro de reparações} \quad (15)$$

$$= \text{Tempo laboral efetivo por trabalhador} \times N^{\circ} \text{ de trabalhadores}$$

$$= 85\% \times \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}}{\text{trabalhador}} \times 5 \text{ trabalhadores} = 34 \text{ horas/dia}$$

Com este cálculo é possível afirmar que existem 34 horas disponíveis para reparação diariamente, o que perfaz 170 horas numa semana de 5 dias úteis. Na Tabela 4.16 é confrontada a capacidade laboral com a procura que existe por reparações internas. O

cálculo das solicitações por reparação em horas por semana está disponível no Anexo F.

Tabela 4.16 – Capacidade Laboral Efetiva VS Reparações Solicitadas

	Capacidade laboral efetiva	Reparações solicitadas
Horas/semana	170	191
Nº de trabalhadores	5	6

Com a capacidade laboral efetiva determinada na Tabela 4.16, e o tempo médio de reparação unitário da Tabela 4.15, poderá estimar-se que cerca de 170 artigos poderão ser reparados por semana de trabalho.

O centro de reparações está em sobre utilização, com um excesso de 21 horas e por isso a indicação de que seria necessário mais um trabalhador. Contudo, o centro de reparações está bem dimensionado, na medida em que após o cálculo da capacidade de reparação do centro, este não chega a necessitar de mais um trabalhador dado que estas 21 horas apenas correspondem a 3/5 da semana de um trabalhador a *full time*. Atualmente, o que sucede é a transição de um técnico do centro de montagem para este centro possibilitando assim o escoamento das reparações.

De forma a não colocar em causa o trabalho realizado no centro de montagem ao depender de um trabalhador, nem recorrer à contratação de um trabalhador por tempo inteiro, poder-se-ia realizar as horas de reparação extraordinárias com recurso a um técnico em regime *part time* durante 3 dias por semana.

No subcapítulo seguinte, utilizar-se-á o resultado obtido para capacidade laboral efetiva semanal como restrição ao número de reparações necessárias relativamente aos SKU's solicitados ao centro de reparações. Onde se considera que 170 horas correspondem a 4,25 semanas.

4.5.2 Reparação Económica de Todos os Artigos - Restrição de Lagrange

Após calculada a capacidade laboral efetiva para reparação interna de artigos, é possível implementar a restrição de Lagrange para que, numa situação limite correspondente ao *stock* nulo dos artigos de reparação interna no armazém. Supondo esta hipótese, a resposta à procura semanal por estes artigos é realizada apenas pelo centro de reparações, logo o ponto de encomenda dos 121 artigos ocorreria numa mesma semana. Assim, pretende-se que as quantidades económicas de reparação geradas não ultrapassem a capacidade do centro. Recorrendo à equação (14) determinou-se a restrição (16) e a função Lagrangeana deste sistema (17).

$$t_s \geq \sum_{i=1}^n (Q_i \times t_{reparação_i} + t_{troca}) \quad (16)$$

Esta restrição afirma que o tempo consumido na reparação de n artigos tem de ser igual ou inferior ao período laboral efetivo disponível para reparações

De seguida, expõe-se a Função Lagrangeana para a maximização do número de reparações no período disponível para as mesmas.

$$J = f(x_1, \dots, x_n) + \theta [g(x_1, \dots, x_n) - a] \\ = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\mu_{D_i} \times C_{a_i}}{Q_i} + \frac{I \times c_i \times Q_i}{2} \right) + \theta \left[\sum_{i=1}^n (Q_i \times t_{reparação_i} + t_{troca}) - t_s \right] \quad (17)$$

No caso particular do custo de reparação de um artigo i apenas foi imputado o custo relativo ao tempo despendido por um técnico na reparação desse artigo, isto porque devido ao sistema de gestão de dados utilizado não foi possível obter os valores do custo de materiais utilizados na reparação.

Com a Função de Lagrange deste sistema determinada, o cálculo da derivada da função de Lagrange em ordem à quantidade resulta na equação que determina a quantidade económica de reparação.

$$\frac{\partial J}{\partial Q} = 0 \Leftrightarrow Q_i = \sqrt{\frac{2 \times D_i \times C_{a_i}}{2\lambda \times l_{reparação} + I_i \times c_i}}$$

Assim, por meio da restrição de Lagrange e respectivo multiplicador definiu-se a quantidade económica a gerar para cada um dos artigos, tendo em conta que o somatório dos tempos de reparação despendidos nas reparações destas quantidades não poderia ultrapassar a capacidade laboral efetiva do centro de reparações. Ou seja, existe um determinado valor atribuído ao multiplicador que maximiza a quantidade económica de reparações a realizar de cada um dos 121 SKU's durante uma semana e respectivo período laboral efetivo.

Na Tabela 4.17, apresentam-se os resultados obtidos para vários artigos com reparação interna. O valor do multiplicador de Lagrange óptimo para o objectivo pretendido é $\Theta = 3,2$.

Através da Tabela 4.17 é possível verificar as quantidades económicas de reparação para esta situação limite. De evidenciar que os códigos dos SKU apresentados são apenas os de artigos de reparação interna.

Tabela 4.17 – Quantidade Económica de Reparação segundo Restrição Semanal

Código do SKU	Tempo de Reparação Unitário			Qrep* (unidades)	t_s (semanas)
	Média		Desvio Padrão		
	(hh:mm)	(semanas)	(semanas)		
G1.2	2:12	0,055	0,029	6	0,33
G1.3	1:00	0,025	0,001	8	0,28
G1.4	1:24	0,035	0,023	7	0,24
G1.5	1:14	0,031	0,019	6	0,19
G1.8	1:30	0,026	0,012	6	0,16
G1.10	1:15	0,014	0,013	8	0,11
...
G1.275	3:50	0,096	0,071	1	0,017
Total	-	-	-	251	4,18

Em conclusão, pode afirmar-se que o centro de reparações se encontra bem dimensionado, uma vez que a sua capacidade laboral efetiva apenas é ultrapassada em condições extremas. Contudo, estes artigos por apresentarem uma procura muito variável esgotam facilmente em alguns casos. Por isso, dever-se-ia proceder à reparação dos equipamentos que entram na PLP de forma atempada de forma a não acumular artigos em lista de espera por reparações.

5 Conclusões

5.1 Considerações finais

Esta dissertação tem como objectivo principal a melhoria do desempenho de um armazém, X05, que tem imobilizado os artigos necessários às operações de manutenção prestadas pela Brisa. A melhoria do desempenho de X05 foi desenvolvida com recurso a políticas da gestão de *stocks* adequadas às características dos artigos, permitindo que a BIT atinja o nível de serviço pretendido de 95%, resolvendo o problema das frequentes ruturas de *stock*. Para a implementação da gestão de *stocks* utilizou-se um modelo de revisão contínua, e a heurística de Naddor, uma política de revisão periódica. Do ponto de vista da empresa é de toda a importância perceber quais os parâmetros de gestão que se adequam às características dos artigos em *stock*. Através do modelo de gestão de *stocks* é possível resolver problemas como o excesso e rutura de *stock* permitindo, assim, a redução de custos de manutenção e rutura.

Os artigos analisados ao longo desta dissertação classificam-se como peças de reposição, ou seja, peças que dão assistência à manutenção. A disponibilidade de peças de reposição é de extrema importância para a prestação do serviço de manutenção ao longo da concessão da Brisa, na medida em que garantem a pronta resposta à ocorrência de uma anomalia num sistema instalado. Estas peças de reposição, distinguem-se em três grupos de artigos, G1 (artigos reparáveis), G2 e G3 (artigos não reparáveis). Dentro do conjunto de artigos G1 é possível encontrar artigos cuja reparação é feita internamente no centro de reparações da plataforma logística, e artigos cuja reparação é realizada por fornecedores que prestam este serviço.

As considerações que realizarei de seguida, foram concluídas através do estudo e análise de resultados obtidos ao longo dos vários subcapítulos do capítulo quatro.

A classificação ABC revela-se bastante relevante na estratificação da criticidade dos artigos avaliados. Com esta classificação deixa de ser necessário o estudo de diferentes políticas para diferentes artigos de um sistema de armazenamento, uma vez que se agrupam artigos com criticidade idêntica. Quando se trata de dados em bruto a análise é exigente, por isso, esta classificação facilita a leitura dos dados disponíveis uma vez que os organiza de acordo com o critério de importância. Desta forma a empresa identifica quais os artigos a que deve dedicar a maior parte dos seus recursos. O critério de importância escolhido pela Brisa Inovação e Tecnologia é apenas a procura, pelo facto de se pretender que estas peças de reposição estejam disponíveis, sobretudo, de acordo com as necessidades das operações de manutenção. Possibilitou-se, assim, a aplicação de diferentes políticas de gestão de *stocks* a cada classe devidamente identificada (A, B ou C).

Todos os artigos têm uma grande influência no serviço de manutenção prestado, especialmente os artigos G1 e G2. Mas são artigos reparados internamente, contidos no conjunto G1, que implicam um grande esforço das capacidades logísticas da empresa pelo facto de serem solicitados ao centro de reparações. Decidindo-se, assim, realizar a implementação dos modelos de gestão de *stocks* para este grupo de artigos.

Dentro do conjunto de artigos G1 foi necessário selecionar artigos representativos de um todo, para isso foi relevante a classificação ABC realizada no capítulo 4.2, e a análise e classificação da procura feita no capítulo 4.3.

No ajustamento da procura a uma distribuição estatística verificou-se que apenas 2 dos 275 artigos se ajustaram a uma distribuição Normal, isto porque são dos artigos mais consumidos e de forma regular sem grandes alterações no valor da procura nem intervalos de tempo entre consumos consideráveis.

Para classificar a procura dos artigos G1 seguiu-se o modelo de classificação do tipo de procura segundo Syntetos & Boylan (2005), da taxa de rotação (Bošnjakovic, 2010), e de componentes da procura como sazonalidade e tendência segundo Heuts, Strijbosch, & Van der Schoot (1999).

Com recurso à Tabela 4.7 foi possível concluir-se que não existe uma relação óbvia entre o tipo de reparação realizado aos artigos (interna ou externa) e a classificação da sua procura. Contudo existe uma relação entre a classe do artigo (A, B ou C) e qualquer um dos modelos de classificação da procura utilizados. O tipo de procura destes artigos é, sobretudo, irregular, característica associada aos artigos de classe C. A taxa de rotação é proporcional ao consumo, critério utilizado para definir as classes A (alta), B (média), C (baixa). Quanto às componentes de sazonalidade e tendência da procura verificou-se a sua existência na classe A, o que não acontece, regra geral, na classe B e C.

Na aplicação do modelo de revisão contínua obtiveram-se como parâmetros valores satisfatórios. Todos os artigos apresentam nível máximo de *stock* (S) inferior ao nível de *stock* medido a Março de 2014, o que significa a redução não só do nível máximo de *stock* como também do *stock* médio disponível. No caso do artigo G1.2 o nível máximo de *stock* que poderá atingir é de 19 unidades, mas o nível de *stock* medido a Março de 2014 declarava a existência de 24 unidades do artigo, por isso poderá reduzir-se o nível médio de *stock* disponível. Estes resultados indicam que os níveis de *stock* atualmente praticados para artigos de revisão contínua, em particular de reparação interna, são elevados e desnecessários. Este facto deve-se ao desconhecimento dos tempos necessários para a reparação interna, em média uma hora e trinta minutos, levando à manutenção em *stock* de artigos que rapidamente poderão ser reparados e enviados para a expedição.

A implementação da heurística de Naddor demonstrou que a rutura de *stock* existente se deve à elevada variabilidade da procura destes artigos. Os artigos escolhidos para a aplicação desta política classificavam-se em procura irregular e errática (variabilidade da procura elevada). A parametrização obtida apresenta em alguns casos valores elevados de ponto de encomenda e nível máximo de *stock*, comparativamente com o nível de *stock* medido em Março de 2014, o que valida a hipótese de que para fazer face a uma procura variável e evitando a rutura de *stock*, os níveis de *stock* têm de ser aumentados, o que por consequência aumentará os custos de posse. No caso dos artigos G1.26 e G1.39, o nível máximo de *stock* obtido foi consideravelmente elevado, o que se deve ao facto da procura ser irregular, e no caso de G1.39 de o fornecedor de reparação externa praticar um prazo de entrega de cerca de 8 semanas. Apenas o

artigo G1.19 obteve o parâmetro de nível máximo de *stock* (10 unidades) inferior ao *stock* medido em Março de 2014 para este artigo (24 unidades), permitindo a redução do número de unidades deste artigo em *stock*.

Quanto ao estudo realizado sobre a capacidade laboral do centro de reparações conclui-se que existem 170h/semana para dedicar a reparações. O tempo médio de reparação por artigo é cerca de 1h. Logo, uma estimativa do número de reparações a realizar numa semana pelo centro de reparações é de 170 artigos.

Com a proposta de análise da capacidade do centro de reparações em condições extremas, ou seja, se toda a procura por reparações de uma semana tivesse de ser suportada pelo centro de reparações e nunca pelo *stock* existente as quantidades económicas de reparação a gerar totalizariam 251 unidades através de 121 encomendas (número de artigos com reparação interna).

Sumarizando, uma política de gestão de *stocks* correta conduz à eficiência e eficácia de uma organização na medida em que pretende encontrar um equilíbrio entre a redução de *stocks* desnecessários e a manutenção de um nível de serviço elevado para que a disponibilidade dos produtos não seja afectada. Contudo, determinado nível de serviço é, em alguns casos, impossível de alcançar sem aumentar os níveis de *stock*, principalmente quando os artigos apresentam procura errática ou irregular, e prazos de entrega praticados pelos fornecedores elevados.

5.2 Propostas de trabalho futuro

Os artigos em análise ao longo desta dissertação são peças de reposição divididas em três grupos, um deles contém apenas peças de reposição do tipo reparável. Por essa razão, surge a questão: “Será a melhor opção realizar a reparação da peça?”. A resposta a esta questão seria possível se se implementasse um método de tracking aos vários equipamentos, ou seja, identificar devidamente os artigos através de números de série para que fosse possível rastrear os ciclos de vida executados ou quantas reparações já se realizaram em determinado equipamento. Assim, seria possível perceber quantos ciclos de vida são rentáveis e a partir de que momento se deve optar pela substituição em vez da reparação de uma determinada peça.

Durante a análise das reparações externas verificou-se a existência de vários fornecedores, com os quais não existe qualquer tipo de acordos ou contrato para a realização das reparações. A redução do número de fornecedores e aumento do número de contratos celebrados para aquisição ou reparação conduz a condições mais vantajosas para o cliente. Em relação aos fornecedores externos com prazos de entrega superiores aos fornecedores nacionais, eles implicam um aumento do nível de *stock* devido ao aumento da procura durante o período de aprovisionamento. Por isso, dever-se-ia analisar se é realmente rentável um fornecedor externo, mesmo praticando preços apelativos, uma vez que isso provoca um aumento do custo de posse.

Ainda em relação às reparações externas verificou-se que as ordens de trabalho emitidas pelos colaboradores não descreviam corretamente o artigo. A implementação

do código do artigo e/ou descrição correta seria importante na medida em que seria possível consultar o histórico de reparações de determinado artigo.

Por último, constatou-se que em condições extremas, de *stock* nulo de todos os artigos de reparação interna ou apenas não recorrendo ao *stock*, a resposta à procura semanal por artigos reparados internamente teria de ser realizada pelo centro de reparações. Assumindo estas condições catastróficas, ainda assim o centro de reparações apenas sofreria uma ligeira sobre utilização da capacidade laboral efetiva do centro de reparações. O que seria resolvido alocando um técnico de outro centro operacional para o centro de reparações durante 3/5 do seu dia, ou contratação de um técnico em regime de *part-time* três dias por semana.

Bibliografia

- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of Logistics*. McGraw-Hill.
- O sistema de gestão de inovação na Brisa, a gestão das interfaces e a avaliação do impacto (Julho/Agosto de 2011).
- Brisa S.A. (2013). Obtido em 20 de Maio de 2014, de <http://www.brisa.pt>
- Allen, L. A. (s.d.). *Management & Organization*. USA: McGraw-Hill International Editions.
- Atmosfera, I. P. (2014). IPMA. Obtido em Julho de 2014, de <https://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/pdsi/monitorizacao/evolucao/?print=true>
- Axsalter, S. (2013). When is it feasible to model low discret demand by a normal distribution? *OR Spectrum*, 35, 153-162.
- Babai, M. Z., Jemai, Z., & Dallery, Y. (2011). Analyses of order-up-to-level inventory systems with compound Poisson demands. *European Journal of Operational Research*, 210, 552-558.
- Babai, M. Z., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010). On the empirical performance of (T,s,S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202, 466-472.
- Blinder, A. S., & Maccini, L. J. (1991). Taking Stock: A critical Assessment of Recent Research on Inventories. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 73-96.
- Bošnjakovic, M. (2010). Multicriteria inventory model for spare parts. *Technical Gazette*, 17(4), 499-504.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Supply Chain Logistics Management*. USA: McGraw-Hill.
- Canas, T., Santos, A. S., & Gomes, J. S. (2010). Virtual factories: How innovation networks can change your production chain. *Rapid Product Development*.
- Cattani, K. D., Jacobs, F. R., & Schoenfelder, J. (2011). Common inventory modeling assumptions that fall short: Arborescent networks, Poisson demand, and single-echelon approximations. *Journal of Operations Management*, 488-499.
- Corbett, L. M. (1996). A comparative study of the operations strategies of domestically-oriented New Zealand manufacturing firms. *International Journal of Production Research*, 34(10), 2677-2689.
- COTEC Portugal. (2010). *Guia de boas práticas de gestão da inovação*.
- CSCMP. (2012). *CSCMP*. Obtido em Abril de 2014, de <http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>
- D. M. Lambert, J. R. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Mc Graw Hill.
- Evans, J. P., & Gould, F. J. (1972). A generalized lagrange multiplier algorithm for optimum or near optimum production scheduling. *Management Science*, 18(5), 299-311.
- Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. *Computers & Operations Research*, 30, 2097-2114.

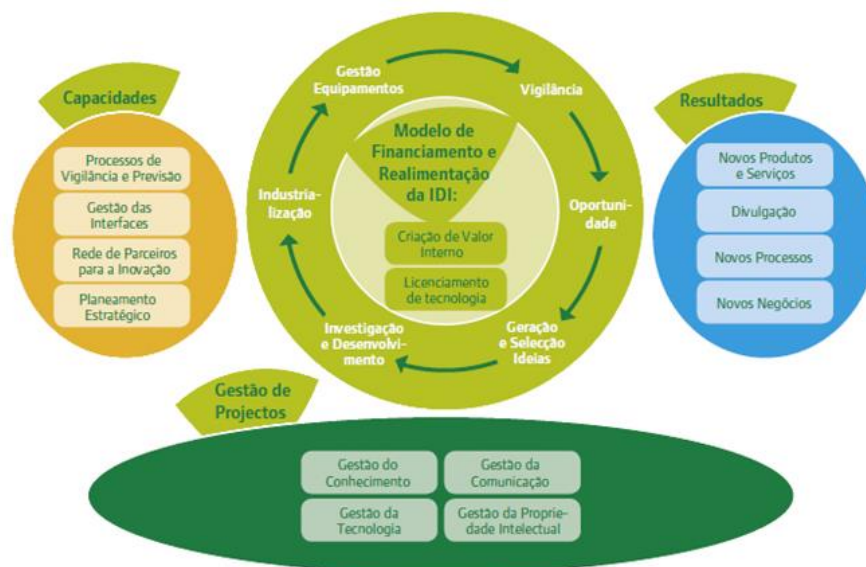
- Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2004). The material planning system for aircraft maintenance and inventory control: a note. *Journal of Air Transport Management*, 10, 217-221.
- Ghobbar, A., & Friend, C. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations. *Journal of Air Transport Management*, 8, 221-231.
- Hatefi, S. M., Torabi, S. A., & Bagheri, P. (2014). Multi-criteria ABC inventory classification with mixed quantitative and qualitative criteria. *International Journal of Production Research*, 52(3), 776-786.
- Heizer, J. R. (2006). *Operations Management* (8th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Heuts, R. M., Strijbosch, L. W., & van der Schoot, E. H. (1999). A Combined Forecast-Inventory Control Procedure for Spare Parts. *FEW Research Memorandum*, 772.
- Kennedy, W. J., Patterson, J. W., & Frendendall, L. D. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories. *International Journal of Production Economics*, 76, 201-215.
- Kurtulus, I. (2006). *Naddor's Heuristic - Development*.
- Moreira, D. (1996). *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Ed. Pioneira.
- Naddor, E. (1975). Optimal heuristic for the s,S inventory policy. *Management Science*, 21(9), 1071-1072.
- Nenes, G., Panagiotidou, S., & Tagaras, G. (2010). Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 205, 313-324.
- Porras, E., & Dekker, R. (2008). An inventory control system for spare parts at a refinery: An empirical comparison of different re-order point methods. *European Journal of Operational Research*, 184, 101-132.
- Ramos, T. (2012). Capítulo 6: Gestão de Armazenagem e dos Stocks. In J. C. Carvalho, *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Sílabo.
- Reis, L. (2006). *Manual da Gestão de Stocks: Teoria e Prática* (2ª ed.). Lisboa: Editorial Presença.
- Santos, A. S. (2013). Reorganização do processo logístico da BIT. *Encontro de Logística do Comité de Inovação da José de Mello*.
- Scarf, H. (s.d.). *The Optimality of (S,s) Policies in the Dynamic Inventory Problem*. Office of Naval Research.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (3rd ed.). Wiley.
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., & Johnston, R. (1997). *Operations Management*. Oxford: FT Prentice Hall, Inc.
- Syntetos, A. A., Babai, M. Z., & Altay, N. (2012). On the demand distributions of spare parts. *International Journal of Production Research*, 50(8), 2101-2117.
- Syntetos, A., & Boylan, J. E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting*, 21(2), 303-314.
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2011). Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. *European Journal of Operational Research*, 214, 606-615.

- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC Classification: Service Level and Inventory Costs. *Production and Operations Management*, 19(3), 343-352.
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2010). Determining order-up-to-levels under periodic review for compound binomial (intermittent demand). *European Journal of Operational Research*, 203, 619-624.
- van Kampen, T., Akkerman, R., & van Donk, D. P. (2012). SKU classification: A literature review and conceptual framework. *International Journal of Operations and Production Management*, 32(7), 850-876.
- Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. (1998). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European Journal of Operational Research*, 98, 1-18.
- Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*, 20, 375-387.

Anexos

Anexo A: Informações adicionais sobre a BIT

Fonte: (Brisa S.A.,2013)



Anexo AA – Modelo de Inovação da BIT

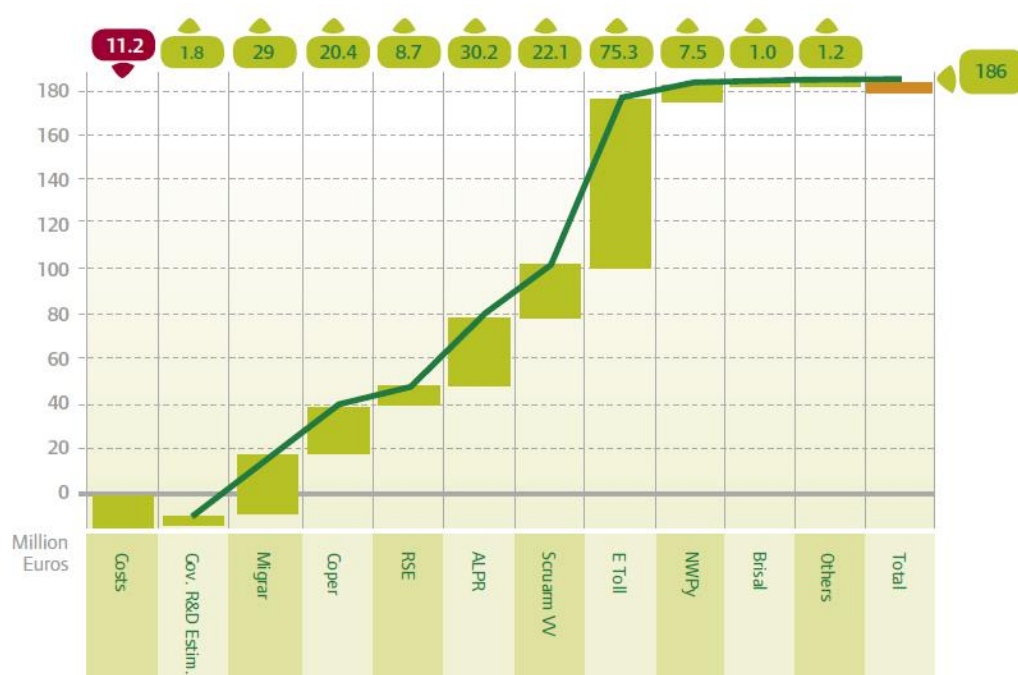


Anexo AB – Rede de parceiros da BIT

No Anexo AA está representado um diagrama com a descrição do modelo de inovação próprio da BIT composto por quatro grandes grupos: capacidade, ciclo de inovação, resultados e gestão de projectos.

O diagrama seguinte apresentado no Anexo AB mostra a rede alargada de parceiros com os quais a BIT tem uma intensa colaboração para maximizar assim o potencial de inovação da empresa.

Outra das grandes vertentes da BIT é claramente a criação de valor através da inovação, no diagrama apresentado no Anexo AC demonstram-se as contribuições de vários sistemas implementados entre 2003 e 2008 para a criação líquida de valor.



Anexo AC – Criação de valor pela inovação na BIT

Fonte : (COTEC Portugal, 2010)

Os Anexos AD, AE, AF, AG foram retirados do manual *Building Sollutions* escrito pela BIT de forma a explicar as características e vantagens dos vários sistemas instalados até ao momento ao longo da concessão Brisa. Permitindo que se conheça melhor os sistemas referidos no capítulo 2.

ATLAS: TRAFFIC MANAGEMENT

BRISA INNOVATION'S ATMS (ADVANCED TRAFFIC MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEM)



ATLAS offers a complete web-based traffic management solution for road operators, regardless of the infrastructure's dimension. It features the integrated management of traffic, road-side telematics, road incidents, assistance means, road damages and road-work plans.

This solution has proven results operating large networks (over 2.000kms), in multiple and different infrastructure concessions.

BENEFITS

- | Supports the full traffic management life-cycle (Road-side, control centre, client information, backoffice operations, up to top level management with business intelligence);
- | Road Equipment's vendors and manufacturers independence;
- | Fully integrated Telematics, Incident Management, Road and Patrol Assistance, Road Works and Damage Management components;
- | Flexible - supports centralized or dispersed operation models;
- | Multi-concession support;
- | Native support for managing Cameras (CCTV), Variable Message Signs (VMS), Weather Stations, Vehicle Counters and Classifiers (VCC),

Tunnel automation, Variable Speed Signs (VSS) and Lane Signals;

- | Unmatched usability with a very slim learning curve;
- | Highly available deployment architecture for fault tolerance and disaster recovery scenarios;
- | Easy and fast setup;
- | Low hardware and software requirements;
- | 7 years of continuous product development.

OPTIONS

- | Computer Telephony Integration for Outbound Calls in all ATLAS modules and Control Centre Inbound call distribution Management;
- | Multi-language support.

STANDARDS AND CERTIFICATES

- | W3C HTML 4.0; W3C SOAP; W3C WSDL; UNE 135521-3

FEATURES

ATLAS is a unified platform composed of different integrated modules described in its major features on the back.

(Continued on back)



AWARDS

Winner (1st place) in 2005 "Prémio Excelência"
(Excellence Award for Business Intelligence in IT and Knowledge; promoted by Deloitte, Diário Económico, PT Prime)

2.20030308

Anexo AD- Descrição de ATLAS

Fonte: Building Solutions, Brisa (2011)

AUTOMATED TOLL BOOTHS

BRISA INNOVATION'S SELF-SERVICE TOLLING SERVICE



Brisa Innovation, together with its innovation partners, developed its own non-attended machines with multi-payment possibilities, including credit and debit cards, proprietary cards, cash, invoice issuing and ETC. These systems allow trained operators to remotely control toll lanes, 24x7, using surveillance cameras and a dedicated application - the Remote Console.

For motorway operators, this solution allows for better use of Human Resources, thus enabling cost efficiencies and reduced operational expenditure; along with these operation savings, comes an increased personnel security and availability for otherwise closed toll lanes, since these need a human operator while operating on the traditional manual mode.

BENEFITS

- | Operation cost efficiency;
- | Increased service levels by introducing higher availability to otherwise closed toll lanes;
- | Improved personnel security, since isolated toll plazas are remotely run;
- | Lower fraud levels - all bank notes are scanned and validated by highly reliable algorithms;

- | Automation of routine procedures, channeling human resources to more intelligent tasks;
- | Low traffic toll plazas without locally assigned human operators;
- | Flexible remote operation station deployment - toll lane request dispatchers architecture allows for multiple and geographically dispersed attendance stations
- | Fault tolerant remote request architecture - multiple and geographically dispersed request dispatching services are supported
- | Full network behaviour surveillance on a single interface, with direct access to toll lanes' state, operations, synopsis, alarm monitoring and live video
- | Integration with already existent infrastructure (customization may be required).

FEATURES

- | Cash, Credit and debit cards accepted (EMV grade enabled);
- | Receipt and invoice issuing;
- | Remote control by trained operators;
- | VoIP voice channel between road-user and

operator, enabling complaint register procedures;

- | Video recording of all transactions and live streaming (history available for remote operation assessment);
- | Dual level for light and heavy vehicles;
- | Maintenance crews work in secure and protected environment;
- | Vault access secured (UL294);
- | Pre and Post vehicle classifications;
- | Full cabinet access auditing; Separate cabinets for money handling and consumable items;
- | Real time cash level monitoring;
- | Ticket Validator (per level) - optional; Auditing sensors in all modules;
- | Integrated VoIP module, with dual microphone selection in double deck configuration;
- | Voice recorded messages and Lighting signalling for smooth customer operation.

(Continues on back)

0.20030311

Anexo AE- Descrição de Automated Toll Booths

Fonte: Building Solutions, Brisa (2011)

MULTILANE FREE-FLOW BRISA INNOVATION'S OPEN ROAD TOLLING (ORT) SOLUTION



Demand for maximum throughput and high efficiency tolling services on the highway is a categorical requirement for both existing and emerging road toll operators worldwide.

Either for helping to reduce traffic congestion generated at peak periods, reduce noise, air pollution and other environmental impacts or to improve business profits and sustainability, multilane free-flow systems (MLFF) or open road tolling (ORT) is positioned to support such requirements, combining the benefits of technologies applied to the transport domain.

MLFF system solution created by Brisa Innovation is based on the efficient combination of electronic toll collection (ETC) microwave technology, video-processing and dynamic vehicle classification technological services.

BENEFITS

- ETC systems enable decreases down to 1/3 of the transaction cost, when compared to manual toll collection;
- Remotely auditable system;



- Lower operational cost requiring no human operators near the gantries;
- Safety increases without toll barriers, allowing the road user to maintain the same cruising speed;
- Allows road-user to minimise its green-house gas emissions;
- Full integration with 3rd party central systems and clearing houses.

FEATURES

- Fully auditable system with remote video streaming;
- Classification according with national or international specifications;
- Laser curtain with 500 readings per second for greater accuracy in evaluating fraud and vehicle class discrepancies;
- Front and rear (IR and Visible light) imagery for enforcement and toll recovery;
- Integrates both License plate and DSRC identification systems.

OPTIONS

- Vehicle classification system fully adjustable;
- Scheduled audit recording, interfacing with independent 3rd party solutions when required;
- Integration of RFID sticker tags' identification system.



TECHNICAL CONSIDERATIONS

This system is composed of three successive gantries. The On-Board Unit (OBU) is read for vehicle identification, associating the timestamp, and then registering front and rear license plates, which are associated with visual footage of the transaction.

The 3 main sub-systems are:

- Toll collection system** including the roadside system to communicate, and perform correct transactions with all the equipped vehicles in the toll site;
- Vehicle detection and classification system** to handle vehicles passing through the toll area;
- Video-tolling system** to identify unequipped vehicles and record the identification for enforcement purposes or, when video-tolling is enabled, to carry on with the toll transaction.

Transactions are only fully qualified to be delivered to central systems result from combining these sub-systems' data.

12/2020/02

Anexo AF- Descrição de MLFF
Fonte: *Building Solutions*, Brisa (2011)

LICENSE PLATE RECOGNITION BRISA INNOVATION'S AUTOMATIC LICENSE PLATE RECOGNITION SOLUTION



ALPR stands for Automatic License Plate Recognition and it's a fully developed and matured Brisa Innovation's solution, developed since 2006 within our Innovation Network. This solution uses a low-cost system for automatic recognition of vehicle registration plate number through computer vision technology.

CONFIDENCE AND AUTHENTICITY

So that vehicle identification has optimal rates, the solution includes rear and front image captures, both in visible and infrared spectrums. A digital signature algorithm is integrated, so that images might be used as legal evidence in court, guaranteeing authenticity. Even under harsh conditions this combination of reading and character recognition of front and rear plates, allow a high confidence level.

PERSONAL DATA PROTECTION

As with all image capturing, personal data video capture is protected by National laws and all handling and data access in compliant with regulatory dispositions.

BENEFITS

- Increase revenue, through efficient recovery in toll infractions;
- Optimised efficiency for global toll collection process;
- Induces road users' behavioural changes, due to higher rates of positive identification of offenders;
- High volume of transactions and images capacity using automated procedures, thus reducing operational costs;
- Complete integration of infraction information for handing to Legal Authorities;
- Minimising queuing in manual toll plazas caused by the need for license plate identification by the toll booth operator, with lower error rates;
- By enabling cross-check and precise identification of real itineraries done, it helps solving disputes with road-users and thus discouraging fraudulent behaviours.

OPTIONS

This solution can be adapted for uses other than Tolling Systems, namely:

- Access control for vehicles;
- Open Road Tolling (Multilane free flow);
- Fraud control in regulated periodical vehicle inspection.

12/2021

Anexo AG- Descrição de ALPR
Fonte: *Building Solutions*, Brisa (2011)

Anexo B: Nomenclatura

Nomenclatura utilizada para aplicação das várias metodologias

θ : Multiplicador de Lagrange

μ_D : Valor médio da procura

μ_L : Valor médio do *lead time*

μ_{DL} : Valor médio da procura durante o *lead time*

$\mu_{D(L+T)}$: Valor médio da procura durante o *lead time* mais tempo entre revisões

σ_D : Desvio padrão da procura

σ_L : Desvio padrão do *lead time*

σ_{DL} : Desvio padrão da procura durante o *lead time*

$\sigma_{D(L+T)}$: Desvio padrão da procura durante o *lead time* mais tempo entre revisões

ADI: Intervalo médio entre consumos (*average inter demand interval*)

CV²: Coeficiente de variância quadrático- variabilidade da procura

c_{Rep}: Custo de reparação

C_a: Custo de lançamento de lote para reparação interna

C_{aRI}: Custo de lançamento de lote para reparação interna

C_{aRE}: Custo de lançamento de lote para reparação externa

c: Custo de aquisição

C- Valor da restrição

f- Função a maximizar

g- Função sujeita à restrição

I_{anual}: Taxa anual de manutenção

K: Factor de segurança

N: Função inversa do nível de serviço

Q^{*}_{rep}: Quantidade económica de reparação

Q_{seg}: Quantidade de segurança

s: Ponto de encomenda

S: Nível máximo de *stock*

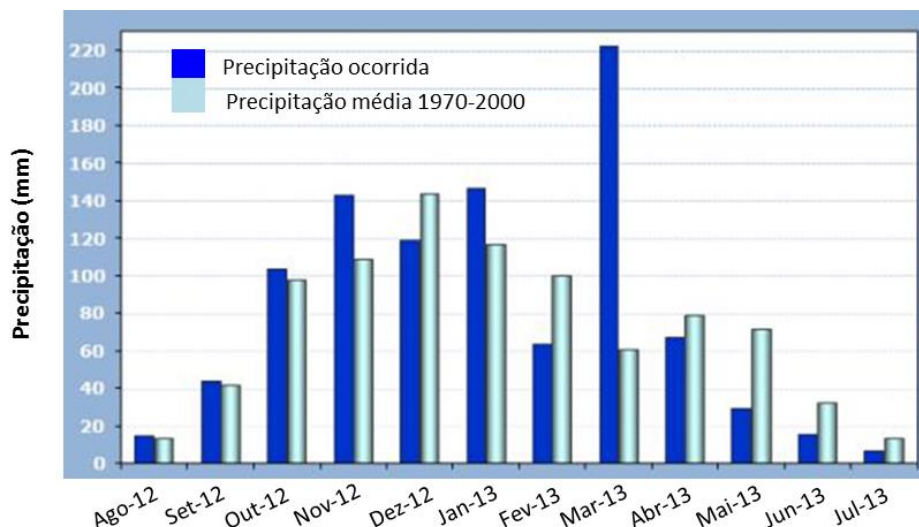
T: Período entre revisões

t_s- Tempo disponível do centro de reparação (tempo laboral efetivo)

t_{reparação_i}- Tempo médio de reparação do artigo i

t_{troca}- Tempo médio de troca entre reparações de artigos diferentes

Anexo C: Classificação da Procura



Anexo CA – Ocorrência de Pluviosidade de Agosto 2012 a Julho 2013 (IPMA,2014)

```

Sub
Dim numberOfRows As Integer
Dim numberOfColumns As Integer
numberOfColumns = LastColumnInOneRow()
Dim CountGroupofZeros(1 To (200)) As Integer
Dim i As Integer
Dim y As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim n As Long
Dim NextFree As Integer
Dim ADI As Double
Dim Desvio As Double
Dim Columns As Integer
j = 0
y = 1
ADI = 0

numberOfRows =
Application.WorksheetFunction.CountA(Sheets(1
).Range("B:B"))
numberOfRows = numberOfRows - 1
MsgBox numberOfRows

For Columns = 2 To numberOfColumns
For i = 3 To (108)
If Cells(i, 2).Value = 0 Then
While Cells(i, Columns).Value = 0
j = j + 1
i = i + 1
If i = (numberOfRows + 1)
Then
GoTo calc
End If

```

```

Wend
calc:
If j > 0 Then
CountGroupofZeros(y) = j
j = 0
y = y + 1
End If

Next i
If CountGroupofZeros(1) = 0 Then
ADI = 0
GoTo Nextcol
End If
For k = 1 To y - 1
ADI = ADI + CountGroupofZeros(k)
Next k
Erase CountGroupofZeros
ADI = ADI / (y - 1)
Nextcol:
y = 1
Cells(numberOfRows + 3, Columns).Value = ADI
ADI = 0
Next Columns
For Columns = 2 To numberOfColumns
Cells((numberOfRows + 4), Columns).FormulaR1C1
= "(STDEV(" & "R" & 3 & "C" & Columns & ": R" &
numberOfRows & "C" & Columns & ") / AVERAGE(" &
"R" & 3 & "C" & Columns & ": R" & numberOfRows
& "C" & Columns & ") ) ^2"
Next Columns
End Sub

```

Anexo CB- Programação em Visual Basic para a Determinação de ADI

Anexo CC – Pontos do gráfico

	ADI	[CV]^2			
G1.1	2,9	0,9			
G1.2	0,0	0,2	G1.31	2,0	1,9
G1.3	1,5	3,1	G1.32	1,2	2,1
G1.4	1,0	0,3	G1.33	1,2	0,9
G1.5	1,0	0,6	G1.34	14,1	41,9
G1.6	1,8	1,6	G1.35	2,6	3,2
G1.7	1,5	1,6	G1.36	7,9	2,6
G1.8	1,0	0,6	G1.37	2,8	6,9
G1.9	1,2	1,6	G1.38	4,2	5,4
G1.10	1,0	0,4	G1.39	5,4	29,8
G1.11	1,5	3,4	G1.40	46,5	11,8
G1.12	1,1	0,7	G1.41	10,8	11,9
G1.13	1,5	1,1	G1.42	2,5	3,2
G1.14	1,7	1,5	G1.43	4,6	5,9
G1.15	1,8	1,5	G1.44	3,2	4,6
G1.16	16,7	1,4	G1.45	4,3	17,5
G1.17	1,1	0,6	G1.46	2,9	2,2
G1.18	1,9	1,4	G1.47	2,5	3,9
G1.19	1,4	0,9	G1.48	2,4	3,2
G1.20	1,3	1,6	G1.49	2,5	2,2
G1.21	1,9	2,2	G1.50	2,6	2,5
G1.22	2,0	2,0	G1.51	3,2	9,3
G1.23	2,4	4,4	G1.52	3,1	3,3
G1.24	1,9	2,4	G1.53	2,3	2,0
G1.25	3,1	6,7	G1.54	2,3	2,4
G1.26	10,6	20,9	G1.55	4,3	4,6
G1.27	1,7	2,5	G1.56	3,0	2,4
G1.28	2,0	1,5	G1.57	3,5	4,4
G1.29	1,7	1,1	G1.58	5,1	3,7
G1.30	4,3	2,7	G1.59	2,7	4,3
			G1.60	4,2	20,1

Com recurso à programação em *Visual Basic* foi criado o código apresentado no Anexo CB, donde resultaram os valores de ADI apresentados no Anexo CC. Neste último anexo, podem observar-se 60 dos 275 pontos do gráfico obtido no Anexo CD. Para melhor visualização dos pontos em condições de fronteira de classificação da procura criou-se o gráfico respectivo a uma área menor, apresentado no Anexo CE.

Anexo D: Modelo de Revisão Contínua

Modelo Revisão Contínua

Dados:

$$C_{a_{RI}} = 0,8 \text{ €/encomenda}$$

$$C_{a_{RE}} = 19 \text{ €/encomenda}$$

$$I_{anual} = 20\%$$

$$k(90\%) = 1,29$$

$$k(95\%) = 1,64$$

$$k(99\%) = 2,33$$

Todos os custos de aquisição (c) e de reparação externa foram igualmente fornecidos

Anexo DA – Dados dos artigos selecionados para implementação do modelo de revisão contínua

Dados	C_{RI}	C_a	c
G1.2	54,92	0,8	1934,58
G1.4	34,91		1380,00
G1.10	13,79		195,98

Anexo DB – Resultados das variáveis (não apresentadas em 4.4.1)

Dados	μ_D	σ_D	μ_L	σ_L	μ_{D_L}	σ_{D_L}
G1.2	11,65	4,77	0,255	0,0290	3,06	2,55
G1.4	7,58	3,97	0,235	0,0233	1,78	2,00
G1.10	4,04	2,64	0,214	0,0126	0,86	2,00

Anexo E: Modelo de Revisão Periódica

Modelo Revisão Periódica

Heurística de Naddor – Modelo de Revisão (s, S)

Dados Fornecidos

$$C_{a_{RI}} = 0,8 \text{ €/encomenda}$$

$$C_{a_{RE}} = 19 \text{ €/encomenda}$$

$$I_{anual} = 20\%$$

$$k(90\%) = 1,29$$

$$k(95\%) = 1,64$$

$$k(99\%) = 2,33$$

$$N(100\%) = 3$$

$$N(95\%) = 2,58$$

Anexo EA- Dados dos artigos para implementação da heurística de Naddor

Código do SKU	c_{rep}	C_a	c
G1.15	53,95	0,8	352,92
G1.19	24,54	0,8	109,80
G1.26	5,21	0,8	119,00
G1.39	480	19	1932,86
G1.42	95,36	19	524,09
G1.58	37,5	0,8	581,05
G1.67	11,72	0,8	120,00

Fórmula de Cálculo de P(0):

$$P(0) = \frac{N^{\circ} \text{ de períodos com procura nula}}{N^{\circ} \text{ de períodos analisados}} \quad (18)$$

Anexo EB- Resultados dos cálculos das variáveis - heurística de Naddor

Dados	μ_D	σ_D	μ_L	σ_L	P(0)	$\mu_{D(L+T)}$	$\sigma_{D(L+T)}$
G1.15	2,70	3,31	0,036	0,042	0,396	3,227	3,438
G1.19	1,94	1,80	0,225	0,015	0,226	3,289	2,604
G1.26	1,53	6,99	0,205	0,001	0,896	5,806	11,718
G1.39	1,05	5,72	8,200	0,500	0,811	10,922	17,858
G1.42	0,90	1,60	4,200	0,200	0,585	8,611	5,279
G1.58	0,55	1,06	0,238	0,013	0,717	1,369	1,610
G1.67	0,45	0,99	0,212	0,006	0,770	2,113	2,153

Anexo F: Capacidade do Centro de Reparações

$$\text{Tempo de reparação unitário} = \frac{\sum \text{tempo de reparação do artigo } i}{121} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{Reparações solicitadas} \left(\frac{\text{horas}}{\text{semana}} \right) \\ = \sum_{i=1}^{121} (\text{tempo de reparação} \times \text{procura semanal})_i \end{aligned} \quad (20)$$